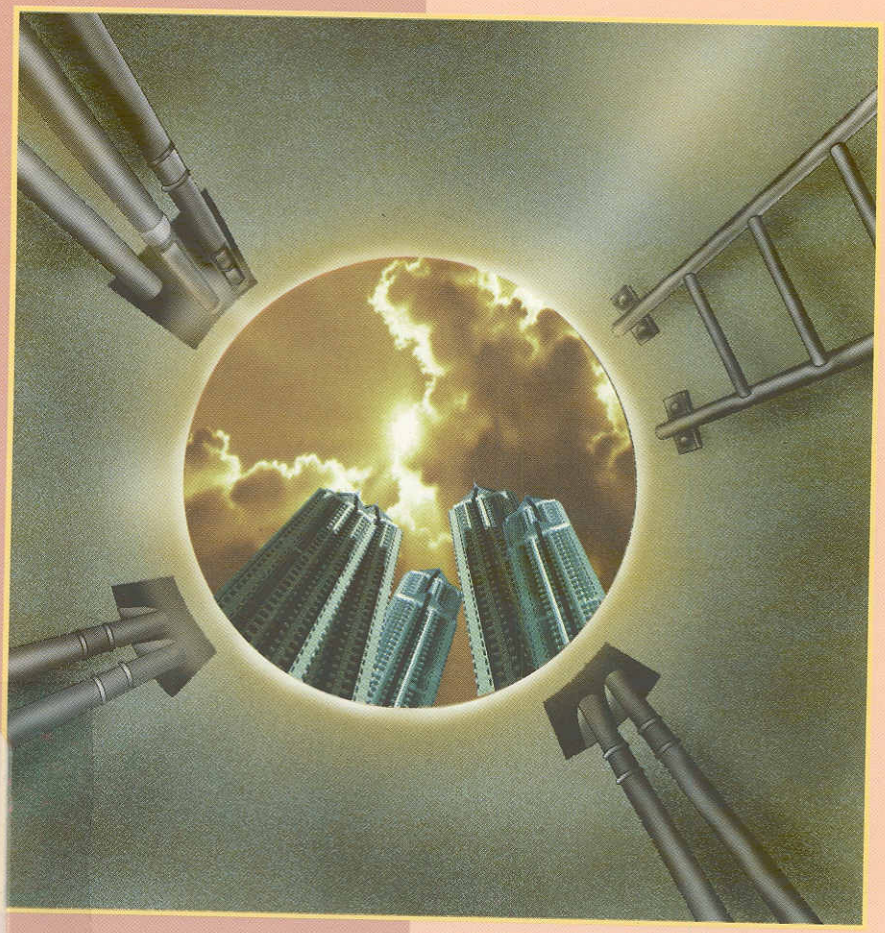
ISBN : 979 - 8382 - 49 - 8

DRAINASE PERKOTAAN



T
RMA

PENERBIT GUNADARMA

BAB V. LANGKAH PERANCANGAN

5.1. Data Perancangan 67
5.2. Kriteria Perancangan 72
5.2.1. Aspek Aliran/Teknis 73
5.2.2. Aspek Biaya 81
5.3. Perancangan Saluran 83
5.4. Perancangan Bangunan 85

BAB VI. DRAINASE KHUSUS

6.1. Drainase Lapangan Udara 95
6.1.1. Tujuan 95
6.1.2. Kriteria Perencanaan dan Perancangan Drainase Lapangan Terbang 95
6.2. Drainase Lapangan Olah Raga 101
6.2.1. Tujuan 101
6.2.2. Kriteria Perencanaan dan Perancangan Drainase Untuk Lapangan Olahraga 101
6.3. Drainase Jalan Raya 105
6.3.1. Tujuan Pembuatan Saluran Drainase Jalan Raya 105
6.3.2. Kriteria Perencanaan dan Perancangan Sistem Drainase Jalan 105
6.4. Drainase Penyehatan Lingkungan 107
6.4.1. Tujuan Drainase Penyehatan Lingkungan 107
6.4.2. Kriteria Perencanaan Drainase Penyehatan Lingkungan 107

DAFTAR PUSTAKA 113

Bab 1
Pendahuluan

Drainase (drainage) yang berasal dari kata kerja 'to draim' yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air, adalah terminologi yang digunakan untuk menyatakana sistim-sistim yang berkaitan dengan penanganan masalah kelebihan air, baik diatas maupun dibawah permukaan tanah.

Pengertian drainase perkotaan tidak terbatas pada teknik pembuangan air yang berlebihan namun lebih luas lagi menyangkut keterkaitannya dengan aspek kehidupan yang berada di dalam kawasan perkotaan.

Semua hal yang menyangkut kelebihan air yang berada di kawasan kota sudah pasti dapat menimbulkan permasalahan drainase yang cukup komplek. Dengan semakin kompleknya permasalahan drainase di perkotaan, maka di dalam perencanaan dan pembangunan bangunan air untuk drainase perkotaan, keberhasilannya tergantung pada kemampuan masing-masing perencana. Dengan demikian di dalam proses pekerjaan memerlukan kerjasama dengan beberapa ahli di bidang lain yang terkait.

1.1 SEJARAH PERKEMBANGAN DRAINASE

Ilmu drainase perkotaan bermula tumbuh dari kemampuan manusia mengenali lembah-lembah sungai yang mampu mendukung kebutuhan hidupnya. Adapun kebutuhan pokok tersebut berupa penyediaan air bagi keperluan rumah tangga, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi dan kebutuhan sosial budaya.

Dari siklus keberadaan air di suatu lokasi dimana manusia bermukim, pada masa tertentu selalu terjadi keberadaan air secara berlebih, sehingga mengganggu kehidupan manusia itu sendiri. Selain daripada itu, kegiatan manusia semakin bervariai sehingga menghasilkan limbah kegiatan berupa air buangan yang dapat mengganggu kualitas lingkungan hidupnya. Berangkat dari kesadaran akan arti kenyamanan hidup sangat tergantung pada kondisi lingkungan, maka orang mulai berusaha mengatur lingkungannya dengan cara melindungi daerah pemukimannya dari kemungkinan adanya gangguan air berlebih atau air kotor.

Dari sekumpulan pengalaman terdahulu dalam lingkungan masyarakat yang masih sederhana, ilmu drainase perkotaan dipelajari oleh banyak bangsa. Sebagai contoh orang Babilon mengusahakan lembah sungai Eufrat dan Tigris sebagai lahan pertanian yang dengan demikian pasti tidak dapat menghindari permasalahan drainase. Orang Mesir telah memanfaatkan air sungai Nil dengan menetap sepanjang lembah yang sekaligus rentan terhadap gangguan banjir.

Penduduk di kawasan tropika basah seperti di Indonesia awalnya selalu tumbuh dari daerah yang berdekatan dengan sungai, dengan demikian secara otomatis mereka pasti akan berinteraksi dengan masalah gangguan air pada saat musim hujan secara periodik. Pada kenyataannya mereka tetap dapat menetap disana, dikarenakan mereka telah mampu mengatur dan menguasai ilmu pengetahuan tentang drainase.

Terpengaruh dengan perkembangan sosial budaya suatu masyarakat atau suku bangsa, ilmu drainase perkotaan akhirnya harus ikut tumbuh dan berkembang sesuai dengan perubahan tata nilai yang berlangsung di lingkungannya.

Harus diakui bahwa pertumbuhan dan perkembangan ilmu drainase perkotaan dipengaruhi oleh perkembangan ilmu hidrolika, matematika, statistika, fisika, kimia, komputasi dan banyak lagi yang lain, bahkan juga ilmu ekonomi dan sosial sebagai ibu asuhnya pertama kali. Ketika di dominasi oleh ilmu hidrologi, hidrolika, mekanika tanah, ukur tanah, matematika, pengkajian ilmu drainase perkotaan masih menggunakan konsep statika.

Namun dengan semakin akrabnya hubungan ilmu drainase perkotaan dengan statistika, kesehatan, lingkungan, sosial ekonimi yang umumnya menyajikan suatu telaah akan adanya ketidak pastian dan menuntut pendekatan masalah secara terpadu (integrated) maka ilmu drainase perkotaan semakin tumbuh menjadi ilmu yang mempunyai dinamika yang cukup tinggi.

1.2. DEFINISI DRAINASE

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu.

Sedangkan drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang meng-khususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi Lingkungan Fisik dan Lingkungan Sosial Budaya yang ada di kawasan kota tersebut.

Drainase perkotaan merupakan sistim pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi : Pemukiman, kawasan industri & perdagangan, sekolah, rumah sakit, & pasilitas umum lainnya, lapangan olah raga, lapangan parkir, instalasi militer, instalasi listrik & telekomunikasi, pelabuhan udara, pelabuhan laut/sungai serta tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota.

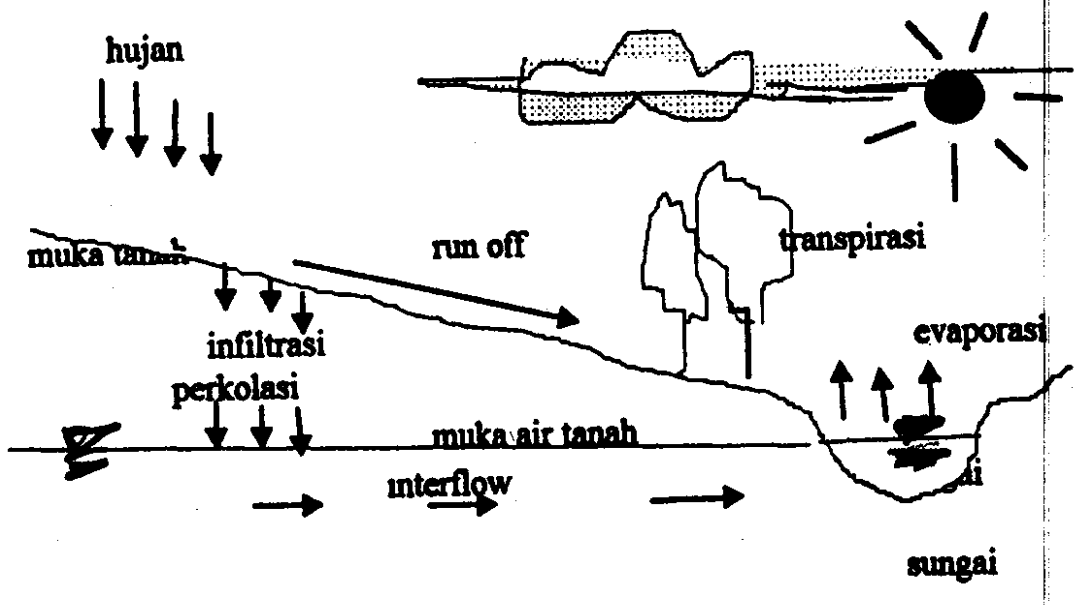
Dengan demikian Kriteria Desain drainase perkotaan memiliki ke-khususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variabel design seperti : keterkaitan dengan tata guna lahan, keterkaitan dengan master plan drainase kota, keterkaitan dengan masalah sosial budaya (kurangnya kesadaran masyarakat dalam ikut memelihara fungsi drainase kota) dan lain-lain.

1.3. JENIS DRAINASE

1.3.1. MENURUT SEJARAH TERBENTUKNYA

a. Drainase Alamiah (Natural Drainase)

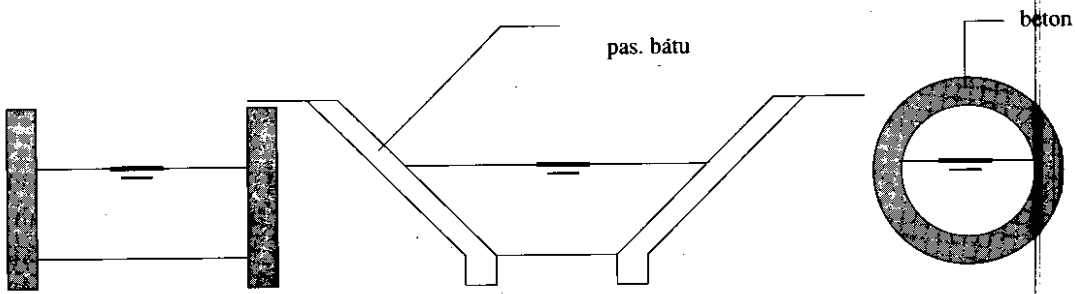
Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.



Gambar 1.1. Drainase Alamiah pada Selules Air.

b. Drainase Bautan (Arficial Drainage)

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.



Gambar 1.2. Drainase Buatan

1.3.2. MENURUT LETAK BANGUNAN

a. Drainase Permukaan Tanah (Surface Drainage)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open chanel flow.

b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (Subsruface Drainage)

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain : Tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

1.3.3. MENURUT FUNGSI

a. ***Single Purpose***, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.

b. ***Multi Purpose***, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

1.3.4. MENURUT KONSTRUKSI

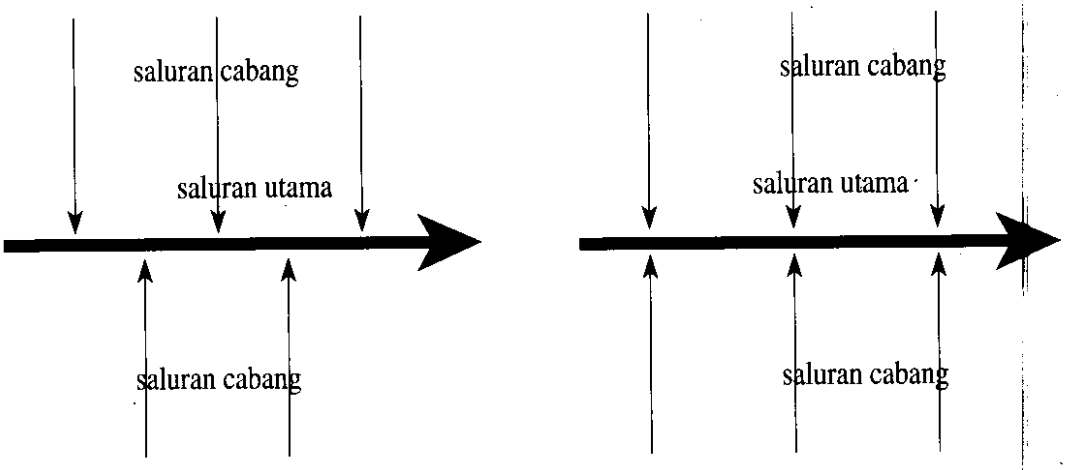
a. ***Saluran Terbuka***, yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan / mengganggu lingkungan.

b. ***Saluran Tertutup***, yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/ lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

1.4. POLA JARINGAN DRAINASE

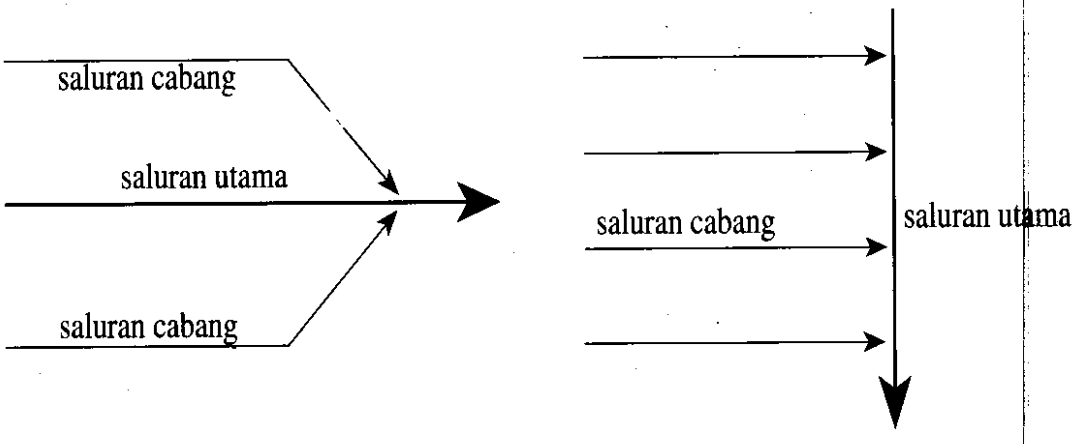
a. Siku

Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota.



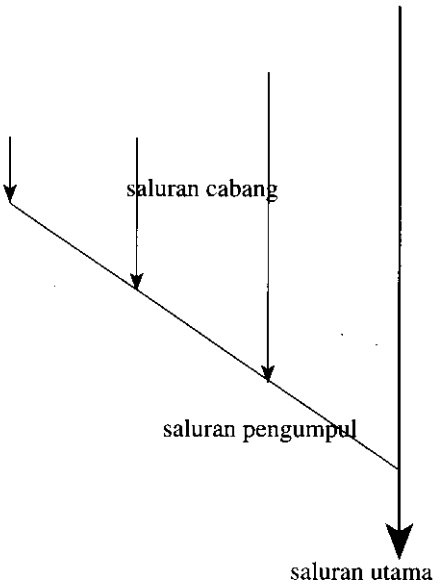
b. Pararel

Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



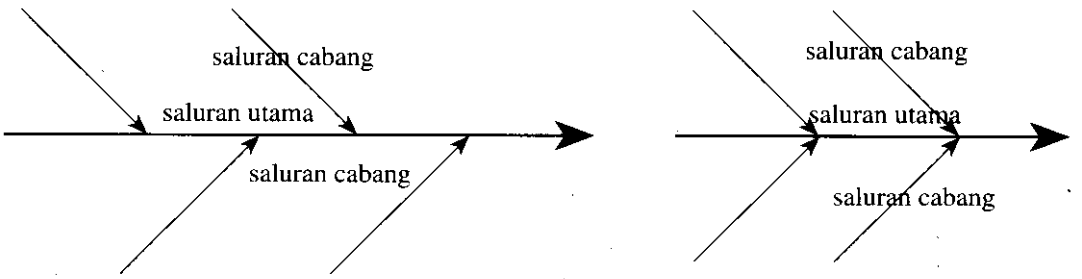
c. Grid Iron

Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



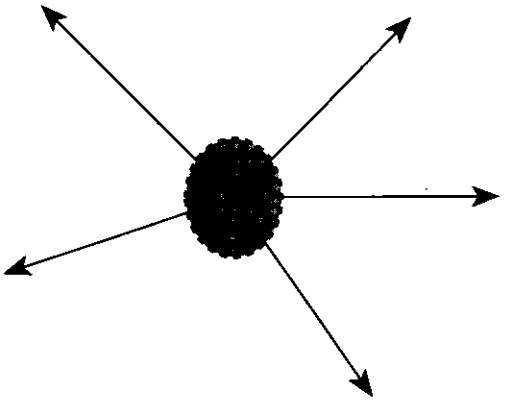
d. Alamiah

Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



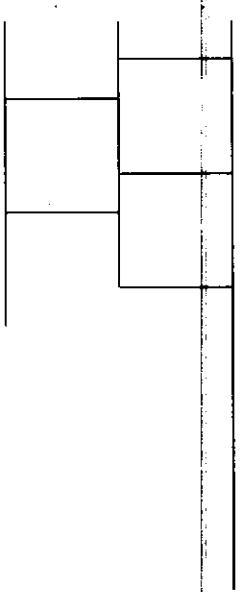
e. Radial

Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



f. ***Jaring-jaring***

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya. dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.



SOAL

1. Berikan gambaran tentang permasalahan drainase perkotaan serta ruang lingkupnya.
2. Dalam Sistem drainase sering dikenal atau ditemukan saluran yang berfungsi lebih dari satu pelayanan. Sebutkan permasalahan yang muncul dari sistem drainase tersebut.
3. Berikan gambaran tentang permasalahan drainase di daerah yang mengalami perubahan tata guna lahan.

JAWABAN

1. Permasalahan drainase perkotaan sangat komplek karena menyangkut bukan hanya lingkungan fisik saja melainkan terkait dengan masalah lingkungan sosial budaya serta karakteristik daerah.
2. Pada umumnya di Indonesia sering ditemukan saluran yang berfungsi selain untuk mengalirkan air hujan juga sekaligus tempat pembuangan air limbah domestik. Hal ini akan berdampak terhadap kesehatan lingkungan / pencemaran air terutama pada daerah yang terkena pengaruh pasang surut atau daerah daratan rendah (down land), sehingga akan berdampak pula dengan kriteria desain saluran yang akan dibuat.
3. Permasalahan yang terjadi yaitu adanya benturan sistem drainase mikro daerah sekitar (daerah sebelum terjadi perubahan fungsi) dengan sistem drainase baru, sehingga perubahan ini perlu disesuaikan dengan mereview sistem drainase secara makro ataupun RUTR-nya.

Bab 2
Aspek Hidrologi

2.1. KARAKTERISTIK HUJAN

2.1.1. DURASI

Durasi hujan adalah lama kejadian hujan (menitan, jam-jaman, harian) diperoleh terutama dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis. Dalam perencanaan drainase durasi hujan ini sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi, khususnya pada drainase perkotaan diperlukan durasi yang relatif pendek, mengingat akan toleransi terhadap lamanya genangan.

2.1.2. INTENSITAS

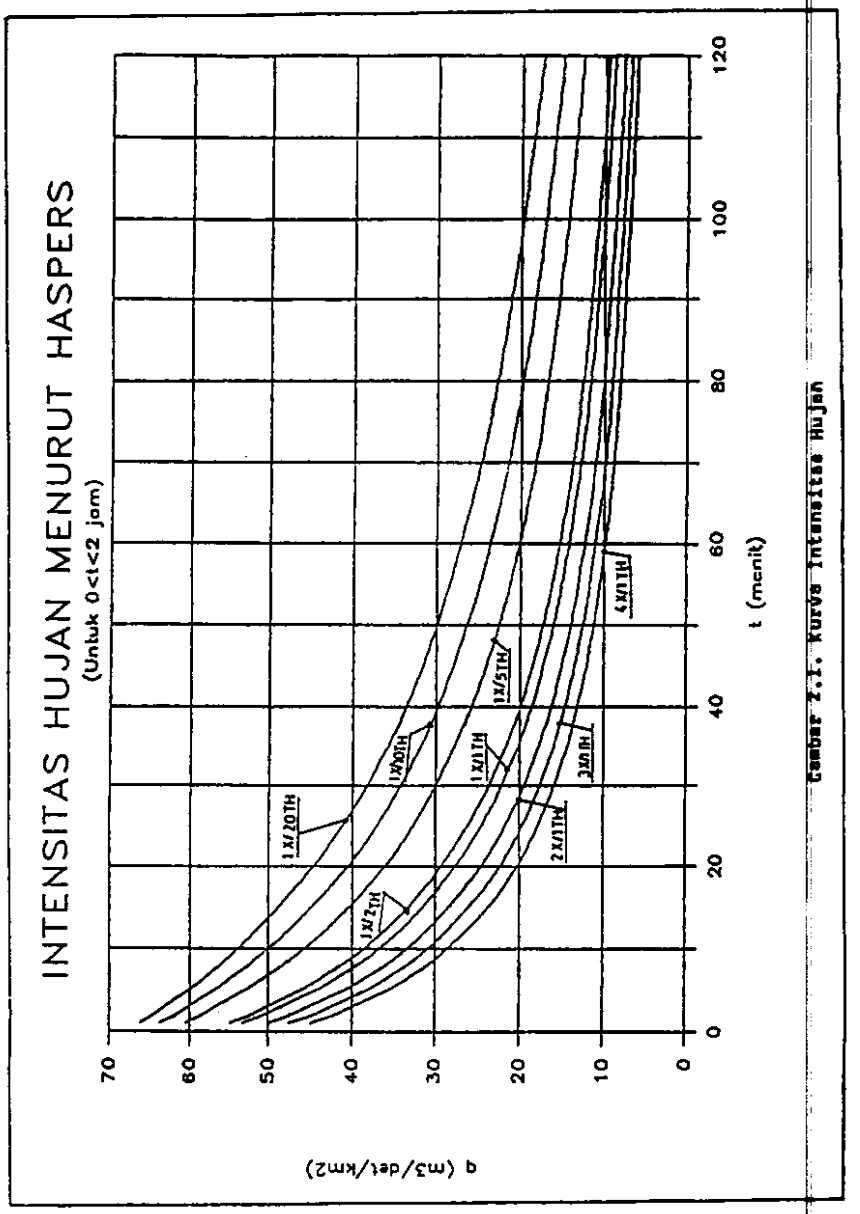
Intensitas adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris.

2.1.3. LENGKUNG INTENSITAS

Lengkung intensitas hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan, hubungan

tersebut dinyatakan dalambentuk lengkung intensitas hujan dengan kala ulang hujan tertentu.

Pada gambar 2.1. merupakan salah satu contoh lengkung intensitas hujan untuk beberapa macam kala ulang hujan menurut Haspers.



Gambar 2.1. Kurve Intensitas Hujan

2.1.4. WAKTU KONSENTRASI (T)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran.

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi :

a. Inlet time (t_o), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
b. Conduit time (t_d), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan dibagian hilir.

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$t_c = t_o + t_d$$

Lama waktu mengalir di dalam saluran (t_d) ditentukan dengan rumus sesuai dengan kondisi salurannya. untuk saluran alami, sifat-sifat hidroliknya sukar ditentukan, maka t_d dapat ditentukan dengan menggunakan perkiraan kecepatan air seperti pada tabel 2.1.

Pada saluran buatan nilai kecepatan aliran dapat dimodifikasi berdasarkan nilai kekasaran dinding saluran menurut Manning, Chezy atau yang lainnya.

Tabel 2.1. Tabel Kecepatan untuk Saluran Alami

Kemiringan rata-rata dasar saluran (%)	**Kecepatan rata-rata (meter / dt)**
Kurang dari 1	0,40
1 - 2	0,60
2 - 4	0,90
4 - 6	1,20
6 - 10	1,50
10 - 15	2,40

Waktu konsentrasi besarnya sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini :

a. Luas daerah pengaliran
b. Panjang saluran drainase
c. Kemiringan dasar saluran
d. Debit dan kecepatan aliran

Dalam perencanaan drainase waktu konsentrasi sering dikaitkan dengan durasi hujan, karena air yang melimpas mengalir di permukaan tanah dan selokan drainase sebagai akibat adanya hujan selama waktu konsentrasi.

2.2. DATA HUJAN

2.2.1. PENGUKURAN

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisis hidrologi pada perancangan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase.

Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi salama satu hari. Untuk berbagai kepentingan perancangan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian, akan tetapi juga distribusi jam-jaman atau menitan. Hal ini akan membawa konsekwensi dalam pemilihan data, dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis.

2.2.2. ALAT UKUR

Dalam praktek pengukuran hujan terdapat dua jenis alat ukur hujan, yaitu :

a. **Alat ukur hujan biasa** ***(Manual Raingauge)***

Data yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ini, berupa data hasil pencatatan oleh petugas pada setiap periode tertentu. Alat Pengukur hujan ini berupa suatu corong dan sebuah gelas ukur, yang masing-masing berfungsi untuk menampung jumlah air hujan dalam satu hari (hujan harian).

b. **Alat ukur hujan otomatis** ***(Automatic Raingauge)***

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat ini, berupa data pencatatan secara menerus pada kertas pencatat yang dipasang pada alat ukur. Berdasarkan data ini akan dapat dilakukan analisis untuk memperoleh besaran intensitas hujan.

Tipe alat ukur hujan otomatis ada tiga yaitu :
- Weighting Bucket Raingauge
- Float Type Raingauge
- Tipping Bucket Raingauge

2.2.3. KONDISI DAN SIFAT DATA

Data hujan yang baik diperlukan dalam melakukan analisis hidrologi, sedangkan untuk mendapatkan data yang berkwalitas biasanya tidak mudah. Data hujan hasil pencatatan yang tersedia biasanya dalam kondisi tidak menerus. Apabila terputusnya rangkaian data hanya beberapa saat kemungkinan tidak menimbulkan masalah, tetapi untuk kurun waktu yang lama tentu akan menimbulkan masalah di dalam melakukan analisis.

Menghadapi kondisi data seperti ini langkah yang dapat ditempuh adalah dengan melihat akan kepentingan dari sasaran yang dituju, apakah data kosong tersebut perlu diisi kembali.

Kwalitas data yang tersedia akan ditentukan oleh alat ukur dan manajemen pengelolaannya.

2.3. PENGOLAHAN DATA

2.3.1. HUJAN RERATA DAERAH ALIRAN

Hujan rata-rata untuk suatu daerah dapat dihitung dengan :

a. Cara rata-rata aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$R = 1/n\ (R1 + R2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + Rn\ )$$

dimana :

R = curah hujan daerah
n = jumlah titik atau pos pengamatan

R1, R2, ... Rn = curah hujan di tiap titik pengamatan.

b. Cara Thiessen

Jika titik-titik di daerah pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pergaruh tiap titik pengamatan.

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n}$$

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n.R_n}{A}$$

$$\bar{R} = W_1.R_1 + W_2.R_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + W_n.R_n$$

dimana :

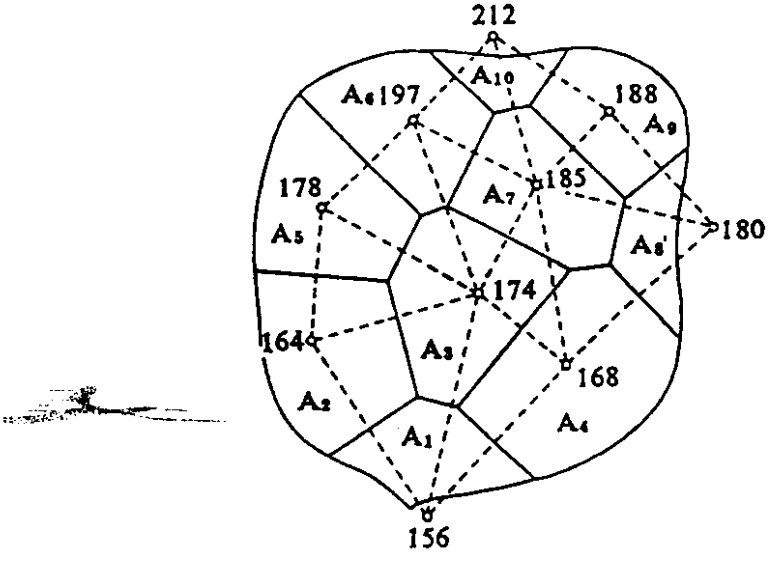
$\bar{R}$ = curah hujan daerah
$R_1, R_2, .. R_n$ = curah hujan di tiap titik pengamatan
$A_1, A_2, \ldots\ldots A_n$ = bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan.

$$W_1, W_2, \ldots\ldots W_n = \frac{A_1}{A} \quad \frac{A_2}{A} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{A_n}{A}$$

Bagian-bagian daerah $A_1, A_2, \ldots\ldots\ldots\ldots A_n$ ditentukan dengan cara sebagai berikut :

- Cantumkan titik-titik pengamatan di dalam dan disekitar daerah itu pada peta topografi, kemudian dihubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus. Dengan demikian akan terlukis jaringan segitiga yang menutupi seluruh daerah.
- Daerah yang bersangkutan itu dibagi dalam poligon-poligon yang didapat dengan menggambar garis bagi tegak lurus pada setiap sisi segitiga tersebut di atas. Curah hujan dalam setiap poligon dianggap diwakili oleh curah hujan dari titik pengamatan dalam tiap poligon itu. Luas tiap poligon diukur dengan planimeter atau dengan cara lain.

Cara Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aljabar. Akan tetapi penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempergaruhi ketelitian hasil yang didapat. Kerugian yang lain umpamanya untuk penentuan kembali jaringan segitiga jika terdapat kekurangan pengamatan pada salah satu titik pengamatan.



Gambar 2.2. Poligon Thiessen

c. **Cara Isohyet**

Peta isohyet digambar pada peta topografi dengan perbedaan 10 mm sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di dalam dan sekitar daerah yang dimaksud.

Luas bagian daerah antara 2 garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis isohyet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots A_n}$$

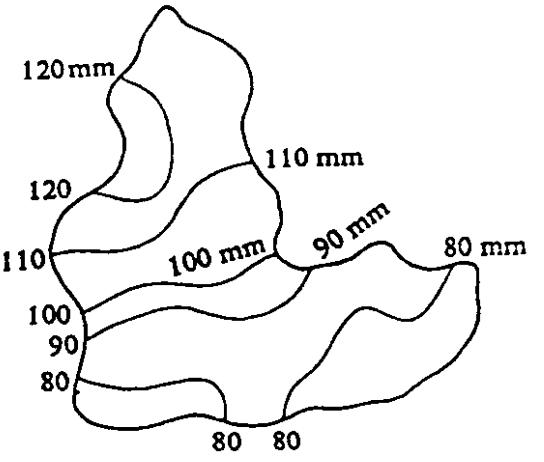
dimana :

$\bar{R}$ = Curah hujan daerah

$R_1, R_2 \ldots\ldots\ldots\ldots R_n$ = Curah hujan rata-rata pada bagian-bagian $A_1, A_2, \ldots\ldots\ldots\ldots A_n$

$A_1, A_2 \ldots\ldots\ldots\ldots A_n$ = luas bagian-bagian antara garis isohyet.

Cara ini adalah cara rasional yang terbaik jika garis-garis isohyet dapat digambar dengan teliti. Akan tetapi jika titik-titik pengamatan itu banyak dan variasi curah hujan di daerah bersangkutan besar, maka pada pembuatan peta isohyet ini akan terdapat kesalahan pribadi si pembuat data.



Gambar 2.3. Isohyet

2.3.2. MELENGKAPI DATA

Hasil pengukuran hujan yang diterima oleh pusat Meteorologi dan Geofisika dari tempat-tempat pengamatan hujan kadang-kadang ada yang tak lengkap, sehingga di dalam daftar hujan yang disusun ada data hujan yang hilang. Tidak tercatatnya data hujan oleh petugas ditempat pengamatan mungkin karena alat penakarnya rusak atau kelupaan petugas untuk mencatat atau sebab lain. Untuk melengkapi data yang hilang itu kita tidak dapat mengadakan perkiraan. Sebagai dasar untuk perkiraan ini digunakan data hujan dari tiga tempat pengamatan yang berdekatan dan mengelilingi tempat pengamatan yang datanya tidak lengkap. Kalau titik-titik itu tadi selisih antara hujan-hujan tahunan normal dari tempat pengamatan yang datanya tak lengkap itu kurang dari 10 % maka perkiraan data yang hilang boleh diambil harga rata-rata hitung dari data-data tempat-tempat pengamatan yang mengelilinginya. Kalau selisih itu melebihi 10 % diambil cara menurut perbandingan biasa yaitu :

$$r = 1/3 \left\{ \frac{R}{R_A} r_A + \frac{R}{R_B} r_B + \frac{R}{R_C} r_C \right\}$$

dimana :

R	=	Curah hujan rata-rata setahun di tempat pengamatan R datanya harus lengkap.
r_A, r_B, r_C	=	curah hujan ditempat pengamatan RA, RB, RC
R_A, R_B, R_C	=	curah hujan rata-rata setahun di A,B dan C

2.3.3. KALA ULANG HUJAN

Suatu data hujan adalah (x) akan mencapai suatu harga tertentu/ disamai (x_1) atau kurang dari (x_1) atau lebih/dilampaui dari (x_1) dan diperkirakan terjadi sekali dalam kurun waktu T tahun, maka T tahun ini dianggap sebagai periode ulang dari (x_1).

Contoh : $R_{20h} = 115$ mm.

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang akan dikeringkan.

Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan :

- saluran kwarter : periode ulang 1 tahun
- saluran tersier : periode ulang 2 tahun
- saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
- saluran primer : periode ulang 10 tahun

Penentuan periode ulang juga didasarkan pada pertimbangan ekonomis. Berdasarkan prinsip dalam penyelesaian masalah drainasi perkotaan dari aspek hidrologi, sebelum dilakukan analisis frekwensi untuk mendapatkan besaran hujan dengan kala ulang tertentu harus dipersiapkan rangkaian data hujan berdasarkan pada durasi harian, jam-jaman atau menitan.

Analisis frekwensi terhadap data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain Gumbell, Log Normal, Log Person III dan sebagainya.

2.3.4. ANALISIS INTENSITAS HUJAN

Data curah hujan dalam suatu waktu tertentu (beberapa menit) yang tercatat pada alat otomatik dapat dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam.

Umpamanya untuk merubah hujan 5 menit menjadi intensitas curah hujan per jam, maka curah hujan ini harus dikalikan dengan 60/5. Demikian pula untuk hujan 10 menit dikalikan dengan 60/10.

Menurut Dr. Mononobe intensitas hujan (I) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{t_c}\right]^{2/3} \quad \text{mm/jam}$$

dimana :

R = Curah hujan rancangan setempat dalam mm

t_c = Lama waktu konsentrasi dalam jam

I = Intensitas hujan dalam mm/jam

2.4. DEBIT RANCANGAN DENGAN METODE RASIONAL

Asumsi dasar yang ada selama ini adalah bahwa kala ulang debit ekivalen dengan kala ulang hujan. Debit rencana untuk daerah perkotaan umumnya dihendaki pembuangan air yang secepatnya, agar jangan ada genangan air yang berarti. Untuk memenuhi tujuan ini saluran-saluran harus dibuat cukup sesuai dengan debit rancangan.

Faktor-faktor yang menentukan sampai berapa tinggi genangan air yang diperbolehkan agar tidak menimbulkan kerugian yang berarti, adalah :

1. berapa luas daerah yang akan tergenang (sampai batas tinggi yang di-perbolehkan)
2. berapa lama waktu penggenangan itu.

Suatu daerah perkotaan umumnya merupakan bagian dari suatu daerah aliran yang lebih luas, dan di daerah aliran ini sudah ada sisten drainase alami. Perencanaan dan pengembangan sistem bagi suatu daerah perkotaan yang baru harus diselaraskan dengan sistem drainase alami yang sudah ada, agar keadaan aslinya dapat dipertahankan sejauh mungkin.

Besarnya debit rencana dihitung dengan memakai metode Rasional kalau daerah alirannya kurang dari 80 Ha. Untuk daerah aliran yang lebih luas sampai dengan 5000 Ha dapat digunakan metode rasional yang diubah. Untuk luas daerah yang lebih dari 5000 ha digunakan hidrograf satuan atau metode rational yang diubah.
Rumus metode rasional :

$$Q = \alpha . \beta . I . A$$

dimana :

Q : Debit rencana dengan masa ulang T tahun dalam m^3 / dt
α : Koefisien pengaliran
β : Koefisien penyebaran hujan
I : Intensitas selama waktu konsentrasi dalam mm/jam
A : Luas daerah aliran dalam Ha

Koefisien Pengaliran (α)

Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini

dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan di kemudian hari.

Besarnya koenfisien pengaliran dapat diambil sebagai berikut :

Perumahan tidak begitu rapat	20 rumah/Ha	0,25 – 0,40
Perumahan kerapatan sedang	20-60 rumah/ha	0,40 – 0,70
Perumahan rapat	60-160 rumah/Ha	0,70 – 0,80
Taman dan daerah rekreasi		0,20 – 0,30
Daerah industri		0,80 – 0,90
Daerah perniagaan		0,90 – 0,95

Koefisien penyebaran hujan (β)

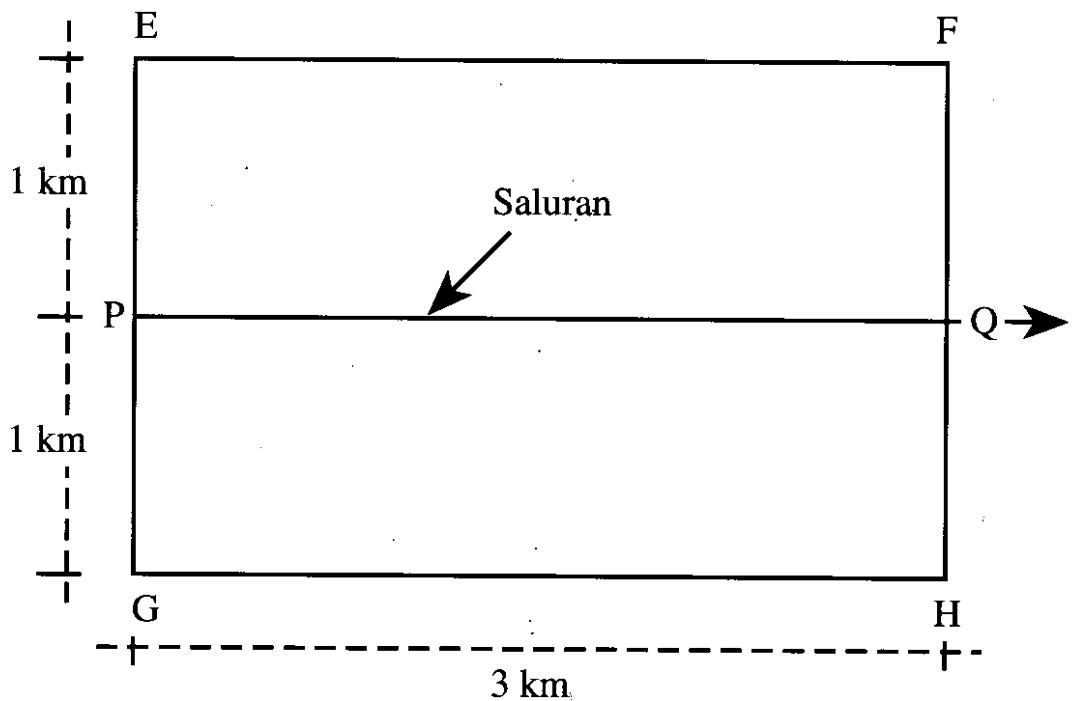
Koefisien penyebaran hujan (β) merupakan nilai yang digunakan untuk mengoreksi pengaruh penyebaran hujan yang tidak merata pada suatu daerah pengaliran. Nilai besaran ini tergantung dari kondisi dan luas daerah pengaliran. Untuk daerah yang relatif kecil biasanya kejadian hujan diasumsikan merata. Sehingga nilai koefisien penyebaran hujan $\beta = 1$

Tabel 2.2. Koefisien Penyebaran Hujan

Luas Daerah Pengaliran (km^2)	Koefisien Penyebaran Hujan (*B*)
0 - 4	1
5	0.995
10	0.980
15	0.955
20	0.920
25	0.875
30	0.820
50	0.500

SOAL LATIHAN

1. Bagaimana prosedur pendekatan untuk penyelesaian problem drainase suatu daerah perkotaan ditinjau dari aspek hidrologi.
2. Berikan ulasan dan contoh perhitungan untuk menentukan besaran intenitas hujan pada suatu daerah aliran apabila diketahui data hujan harian dengan kala ulang 2 tahun R = 42 mm, waktu konsentrasi pada daerah aliran tersebut Tc = 1,2 jam.
3. Suatu daerah pusat perniagaan dengan suatu bentuk titik Q sebagai titik ..... kontrol keluaran. Saluran drainase berada di tengah-tengah areal dengan kemiringan saluran sebesar 4%, kecepatan aliran di atas permukaan tanah diperkirakan sebesar 0.15 m/dt. Jika terjadi hujan merata pada aerah aliran tersebut dengan intensitas sebesar 10 mm/jam, tentukan besarnya debit maksimum untukmerancang dimensi saluran drainasinya.



PENYELESAIAN

1. Prosedur pendekatan untuk penyelesaian problem drainase suatu daerah perkotaan ditinjau dari aspek hidrologi dilakukan tahapan berikut ini :

   a. Memahami sasaran yang hendak dicapai meliputi toleransi tentang :
      - tinggi genangan
      - luas genangan
      - lama berlangsungnya genangan

   b. Inventarisasi data untuk memahami kondisi fisik dan ling-kungan dari daerah tinjauan meliputi data :
      - topografi
      - tataguna lahan pada saat ini dan kemungkinan per-kembangannya di masa yang akan datang.
      - sistem drainase yang sudah ada.

   c. Rencanakan alternatif penyelesaian khususnya pada aspek hidrologi meliputi :
      - penentuan durasi hujan
      - penentuan kala hujan ulang
      - penentuan debit rancangan

2. a. langkah-langkah untuk menetapkan besaran intensitas hujan :
      - Menentukan besaran hujan rancangan dengan kala ulang sesuai dengan debit rancangan yang dikehendaki.
      - Menganalisis besaran hujan rancangan dengan kala ulang tertentu menjadi bentuk intensitas hujan.

   b. Contoh hitungan :

      Rumus Mononobe :

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3}$$

$$R = 42 \text{ mm}$$

$$t_c = 1{,}2 \text{ Jam}$$

$$I = \frac{42}{24} \left[\frac{24}{1.2} \right]^{2/3}$$

$$= 12.894 \text{ mm/jam}$$

3. a. Asumsi arah aliran : E/G ------> P -------> Q

Koefisien daerah pengaliran untuk daerah perniagaan pada tabel $\alpha = 0.9$

Luas daerah pengalian :

$$A = 2 \times 3 = 6 \text{ km}^2$$

menurut tabel koefisien penyebaran hujan $\beta = 0.992$

Waktu Konsentrasi : tc = to + td

to : kecepatan di atas tanah Vo = 0.15 m/dt

EP = 1000 m —> to = EP/ Vo

= 1000 / 0.15

= 6666.67 det

td : Kemiringan saluran 4 %, menurut tabel :

Vd = 0.9 m/dt

PQ = 3000 m —> td = PQ / Vo

= 3000 / 0.9

= 3333.33 det

Waktu konsentrasi : tc = 6666.67 + 3333.33 = 10000 det

= 166.67 menit

Debit aliran maksimum menurut metode rasional terjadi apabila lama hujan yang terjadi lebih besar atau sama dengan waktu konsentrasi, artinya akumulasi air hujan seluruh daerah pengaliran secara bersama-sama melewati titik kontrol.

$$Q = \alpha \times \beta \times I \times A$$

$$= 0.9 \times 0.992 \times 10 / 1000 / 3600 \times 6 \times 1000000$$

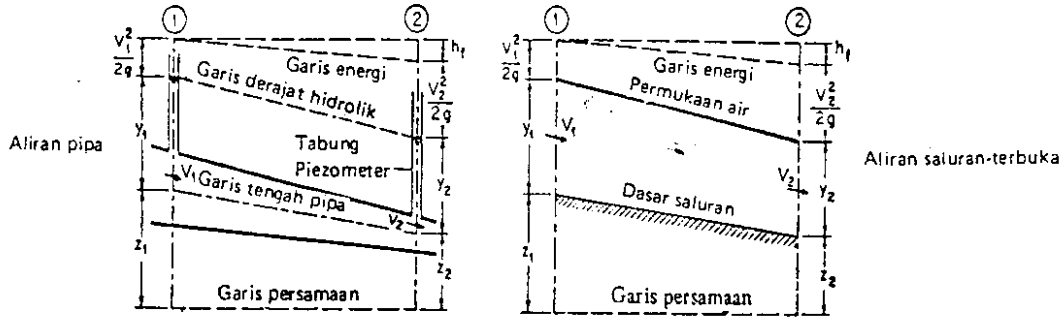
$$= 14.88 \text{ m}^3 / \text{dt}.$$

Bab 3
Aspek Hidrolika

3.1. UMUM

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka (open channel flow) maupun saluran tertutup (pipe flow).

Pada aliran saluran terbuka terdapat permukaan air yang bebas (free surface), permukaan bebas ini dapat dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung. Sedangkan pada aliran pipa tidak terdapat permukaan yang bebas, oleh karena seluruh saluran diisi oleh air. Pada aliran pipa permukaan air secara langsung tidak dipengaruhi oleh tekanan udara luar, kecuali hanya oleh tekanan hidraulik yang ada dalam aliran saja.



Gambar 3.1. Perbandingan Antara Aliran Pipa Dengan Aliran Saluran Terbuka

Pada aliran pipa dua tabung piezometer dipasangkan pipa yaitu pada penampang 1 dan 2. Permukaan air dalam tabung diatur dengan tekanan dalam pipa pada ketinggian yang disebut garis derajad hidraulik (Hydraulic Grade Line). Tekanan yang ditimbulkan oleh air pada setiap penampang ditunjukkan dalam tabung yang bersesuaian dengan kolom air setinggi y di atas garis tengah pipa. Jumlah energi dalam aliran dipenampang berdasarkan suatu garis persamaan yang disebut Garis Derajat Energi (Energy Line), yaitu jumlah dari tinggi tempat z diukur dari garis tengah pipa, tinggi tekanan y dan tinggi kecepatan $V^2/2g$, dimana V adalah kecepatan rata-rata aliran dalam pipa. Energi yang hilang ketika air mengalir dari penampang 1 ke penampang 2 dinyatakan dengan hf.

Pada aliran saluran terbuka untuk penyederhanaan dianggap bahwa aliran sejajar, kecepatannya beragam dan kemiringan kecil. Dal hal ini permukaan air merupakan garis derajat hidraulik dan dalamnya air sama dengan tinggi tekanan. Meskipun kedua jenis aliran hampir sama, penyelesaian masalah aliran dalam saluran terbuka jauh lebih sulit dibandingkan dengan aliran dalam pipa tekan, oleh karena kedudukan permukaan air bebas cenderung berubah sesuai dengan waktu dan ruang, dan juga bahwa kedalaman aliran, debit, kemiringan dasar saluran dan kedudukan permukaan bebas saling bergantung satu sama lain.

Aliran dalam suatu saluran tertutup tidak selalu bersifat aliran pipa. Apabila terdapat permukaan bebas, harus digolongkan sebagai aliran saluran terbuka. Sebagai contoh, saluran drainase air hujan yang merupakan saluran tertutup, biasanya dirancang untuk aliran saluran terbuka sebab aliran saluran drainase diperkirakan hampir setiap saat, memiliki permukaan bebas.

3.2. ALIRAN AIR PADA SALURAN TERBUKA.

3.2.1. JENIS ALIRAN.

Penggolongan jenis aliran berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan perubahan ruang dan waktu.

A. Aliran tunak (Steady flow)

Aliran tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk selang waktu tertentu. Aliran tunak diklasifikasikan menjadi :

1. **Aliran seragam (uniform flow)**

   Aliran saluran terbuka dikatakan seragam apabila kedalaman air sama pada setiap penampang saluran.

2. **Aliran berubah (varied flow)**

   Aliran saluran terbuka dikatakan berubah apabila kedalaman air berubah di sepanjang saluran.

   a). **Aliran berubah lambat laun.**
   Aliran saluran terbuka dikatakan berubah lambat laun apabila kedalaman aliran berubah secara lambat laun.

   b). **Aliran berubah tiba-tiba**
   Aliran saluran terbuka dikatakan berubah tiba-tiba apabila kedalaman aliran berubah tiba-tiba apabila kedalaman berubah secara tiba-tiba.

B. Aliran tidak tunak (unsteady flow)

Aliran tidak tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu. Banjir merupakan salah satu contoh aliran tidak tunak. Aliran tidak tunak diklasifikasikan :

1. **Aliran seragam tidak tunak *(unsteady uniform flow)***

   Aliran saluran terbuka dimana alirannya mempunyai permukaan yang berfluktuasi sepanjang waktu dan tetap sejajar dengan dasar saluran. Aliran ini jarang dijumpai dalam praktek.

2. **Aliran berubah tidak tunak *(unsteady varied flow)***

   Aliran saluran terbuka dimana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang.

   a. Aliran tidak tunak berubah lambat laun.

   Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara lambat laun.

b. Aliran tidak tunak berubah tiba-tiba

Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara tiba-tiba.

3.2.2. SIFAT-SIFAT ALIRAN.

Kekentalan dan gravitasi mempergaruhi sifat atau perilaku aliran pada saluran terbuka. Tegangan permukaan air dalam keadaan tertentu dapat pula mempergaruhi perilaku aliran, tetapi pengaruh ini tidak terlalu besar dalam masalah saluran terbuka pada, umumnya yang ditemui dalam dunia perekayasaan.

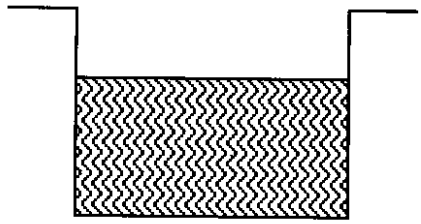
a. Aliran laminer

Aliran saluran terbuka dikatakan lemier apabila gaya kekentalan (viscosity) relatif sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Butir-butir air bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus, dan selapis cairan tipis seolah-olah menggelincir diatas lapisan lain.

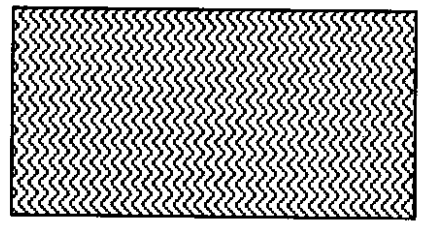
b. Aliran turbulen.

Aliran saluran terbuka dikatakan turbulen apabila gaya kekentelan relatif lemah dibandingkan dengan gaya inersia. Butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar dan tidak tetap, walaupun butir-butir tersebut tetap bergerak maju didalam aliran secara keseluruhan.

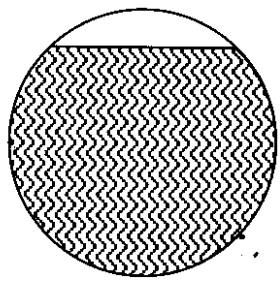
Aliran laminer akan terjadi dalam aliran saluran terbuka untuk harga-harga bilangan Reynold Re yang besarnya 2000 atau kurang. Aliran bisa menjadi leminer sampai ke Re = 10.000. Untuk aliran saluran terbuka, Re = 4 R V/v, dimana R adalah jari-jari hidraulik.



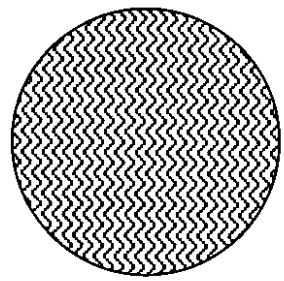
Segi Empat



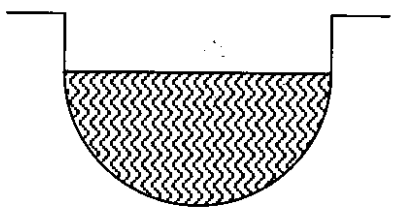
Segi Empat



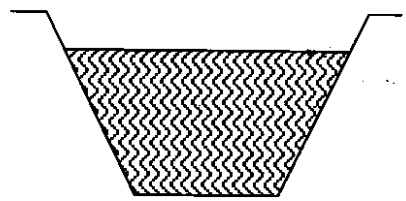
Bulat, Tidak Penuh



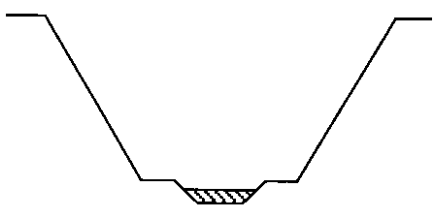
Bulat, Penuh



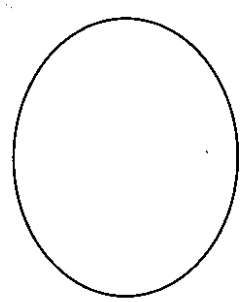
Setengah Lingkaran



Trapesium



Profil Tersusun



Profil Bulat Telur

3.2.3. BENTUK-BENTUK PENAMPANG MELINTANG.

Ada beberapa macam bentuk penampang melintang saluran yang biasa digunakan dalam perencanaan saluran drainase. Macam - macam bentuk penampang saluran dapat dilihat pada gambar - gambar berikut.

3.2.4. RUMUS-RUMUS

Kecepatan dalam saluran

a. *CHEZY* (untuk aliran tunak yang seragam)

$$V = C\ (RS)^{1/2}$$

dimana :

V = kecepatan rata-rata dalam m/d
C = koefisien Chezy ($m^{1/2}$)
R = jari-jari hidrolik
S = kemiringan dari permukaan air atau dari gradien energi atau dari dasar saluran ; garis-garisnya sejajar untuk aliran mantap yang merata.

b. *KOEFISIEN C* dapat diperoleh dengan menggunakan salah satu dari pernyataan berikut :

$$C = (8g/f)^{1/2}$$

KUTTER ;

$$C = \frac{23 + \frac{0{,}00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}}\left(23 + \frac{0{,}00155}{S}\right)}$$

MANNING ;

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

BAZIN ;

$$C = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$$

POWEL ; $C = \boxed{\frac{(ft^{1/2})}{S} = -42 \log \left(\frac{C}{Re} + \frac{\epsilon}{P} \right).}$

e. *DEBIT PEMBUANGAN (Q)* untuk aliran mantap (tunak) merata, dalam suku-suku rumus Manning adalah :

$$\boxed{Q = AV = A/n\ R^{2/3}S^{1/2}}$$

Kondisi debit pembuangan berfluktuasi sehingga perlu memperhatikan perihal kecepatan aliran (V). Diupayakan agar pada saat debit pembuangan KECIL masih dapat MENGANGKUT SEDIMEN, dan pada keadaan debit BESAR aman dari bahaya EROSI.

Syarat-syarat yang berhubungan dengan aliran mantap merata disebut sebagai aliran normal.

f. *HEAD LOSS (h_L)*, atau kehilangan energi dinyatakan dalam rumus Manning adalah :

$\boxed{h_L = \frac{(Vn)^2 L,}{R^{2/3}}}$ menggunakan $S = h_L/L$

Untuk aliran tak merata (berubah-ubah), harga rerata dari V dan R bisa digunakan dengan ketelitian yang masih masuk akal. Untuk saluran yang panjang, dengan pendekatan saluran pendèk di mana perubahan-perubahan kedalamannya kira-kira sama besarnya.

g. *DISTRIBUSI TEGAK* dari *KECEPATAN*

Distribusi tegak dari kecepatan dalam suatu saluran terbuka lebar kedalam rerata y_m distribusi kecepatannya biasa dinyatakan sebagai :

$$v = \frac{qS}{\upsilon}(yy_m - 0{,}5y^2) \text{ atau } v = pqS\,(yy_m - 0{,}5\,y^2)$$

Dan kecepatan rerata V yang diturunkan dari persamaan di atas menjadi :

$$v = \frac{qS\,y_m^2}{3v} \text{ atau } v = \frac{pqS\,y_m^2}{3\mu}$$

Untuk aliran turbulen merata dalam saluran terbuka lebar distribusi kecepatannya dinyatakan sebagai berikut :

$v = 2{,}5\ \sqrt{to/p}\ \ln\ (\ y\ /\ yo\ )$ atau $v = 5{,}75\ \sqrt{to/p}\ \log\ (y/yo)$

h. ENERGI SPESIFIK (E)

Didefinisikan sebagai energi persatuan berat (Nm/N) relatif terhadap dasar saluran yaitu :

E = kedalaman + Head kecepatan = $y + V^2/2g$

Sebuah pernyataan yang lebih pasti dari suku energi kinetiknya akan merupakan :

$$a.\ V^2/2g$$

dengan a sebagai faktor koreksi energi kinetik dalam suku-suku laju aliran q per satuan lebar b (yaitu q = Q/b)

$$\boxed{E = y + (1/2g)\ (q/y)^2}$$

atau

$$q = \sqrt{2g(y^2E - y^3)}$$

Untuk aliran rerata, energi spesifiknya selalu tetap dari bagian ke bagian. Untuk aliran tak merata energi spesifiknya sepanjang. Dengan saluran bisa naik bisa turun.

i. KEDALAMAN KRITIS

Kedalam kritis yc untuk suatu aliran satuan tetap q dalam saluran segiempat terjadi bila energi spesifiknya minimum. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$\boxed{y_c = (q^2/g)^3 = 2/3\ E_c = V^2c/g}$$

Kenyataan ini bisa disusun kembali untuk memberikan :

$V_c = (\ gy_c)^{1/2}$ atau $V_c\ /\ (gy_c)^{1/2} = 1$ untuk aliran kritis.

Jadi bila bilangan tersebut $N_f = 1$, terjadi aliran kritis, jika $N_f > 1$, terjadi aliran super kritis atau aliran deras, dan jika $N_f < 1$, terjadi aliran sub kritis atau aliran tenang.

j. ALIRAN SATUAN MAKSIMUM

Aliran satuan maksimum atau Q maka dalam saluran segiempat untuk setiap energi spesifik E tertentu, adalah :

$$q_{max} = (gy_c^3)^{1/2} = [\ g(2/3.\ E)^3\ ]^{1/2}.$$

Untuk aliran kritis di dalam saluran bukan segiempat adalah :

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{b} \quad \text{atau} \quad \frac{Q^1 b'}{gA_c^3} = 1$$

dimana : b' adalah lebar permukaan airnya atau bisa disusun kembali dengan membagi dengan A_c^2,

sebagai berikut :

$$V_c^2/g = A_c/b' \text{ atau } V_c = (gA_c/b')^{1/2} = \sqrt{gy_m}$$

dimana suku ac/b disebut kedalaman rerata Ym

k. ALIRAN TAK MERATA

Untuk aliran tak merata, suatu saluran terbuka biasanya dibagi ke dalam panjang-panjang L yang disebut daerah-daerah untuk studi. Untuk menghitung kurva-kurva air yang dibendung, persamaan energinya :

$$L = \frac{(V_2^2 + Y_2)/S_0 - S}{2g} = \frac{(V_1^2 + Y_1)/S_0 - S}{2g} = \frac{E^2 - E^1}{So - S} = \frac{E^1 - E^2}{So - S}$$

dimana :

S_0 = kemiringan dasar saluran

S = kemiringan gradien energi

Untuk daerah-daerah yang berurutan dimana perubahan kedalamannya kira-kira sama, gradien energi S bisa ditulis sebagai berikut :

$$S = \left(\frac{n\ V\ \text{rerata}}{R^{2/3}\ \text{rerata}}\right)^2 \text{ atau } \frac{V^2\ \text{rerata}}{C^2 R\ \text{rerata}}$$

Profil permukaan untuk kondisi aliran yang berubah perlahan-lahan dalam saluran segiempat lebar bisa dianalisa dengan menggunakan pernyataan :

$$\frac{dy}{dL} = \frac{(S0 - S)}{(1 - V^2/gy)}$$

Suku dy/dL menyatakan kemiringan permukaan air relatig terhadap dasar saluran. Jadi jika dy/dL Positif, kedalamannya ke arah hilir.

l. LOMPATAN HIDROLIK

Lompatan hidrolik terjadi bila suatu aliran super kritis berubah menjadi aliran sub kritis. Dalam ha-hal seperti itu ketinggian permukaan air naik secara tiba-tiba dalam arah alirannya. Untuk suatu aliran tetap sebuah saluran segiempat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\frac{g^2}{g} = y_1 y_2 \left(\frac{y_1 + y_2}{2}\right)$$

3.3. ALIRAN AIR PADA SALURAN TERTUTUP

3.3.1. JENIS ALIRAN.

Ketentuan-ketentuan mengenai tahanan aliran bagi saluran tertutup yang penuh adalah tidak dengan yang berlaku pada saluran terbuka. Persamaan tahanan dapat diturunkan bagi setiap kasus dengan menyamakan gaya geser yang menahan di perbatasan dengan gaya penggerak yang berkerja pada arah normal terhadap saluran.

Aliran dalam saluran terbuka digerakkan oleh gaya penggerak yang dilakukan oleh jumlah berat aliran yang mengalir menuruni lereng. Dalam saluran tertutup gaya pengerak tersebut dilakukan oleh gradien tekanan.

Berbeda dengan aliran air pada saluran terbuka, maka pada saluran tertutup hanya terdapat satu jenis aliran yaitu aliran tunak (steady flow)

3.3.2. SIFAT ALIRAN

Ada dua jenis aliran tunak dalam aliran air dalam saluran tertutup (pipa). Aliran-aliran tersebut dinamakan aliran laminer dan aliran turbulen.

a. Bilangan Reynold.

Aliran dari suatu zat cair dalam pipa adalah laminer atau turbulen dan bisa dibedakan sesuai dengan nilai dari bilangan Reynold. Bilangan Reynold (R) ini adalah tak berdimensi, dan sama dengan hasil kali kecepatan karakteristik dari sistem, dibagi dengan kecepatan kinematik dari cairan, kesemuanya dinyatakan dengan satuan yang konsisten.

$$Re = \frac{Vd_0}{\mu} \text{ atau } \frac{Vd}{v} = \frac{V(2r_0)}{v}$$

dimana :

Re = adalah angka Reynold (tak berdimensi)
d = adalah diameter bagian dalam dari pipa (m)
V = adalah kecepatan aliran (m/dt)
dan v = adalah kekenyalan kinematik dari zat alir (m2/dt).
h = kekentalan mutlak dalam pa dtk

b. Aliran Laminer.

Pada aliran laminer partikel - partikel zat cair bergerak di sepanjang lintasan-lintasan lurus, sejajar dalam lapisan-lapisan. Besarnya kecepatan-kecepatan dari lapisan-lapisan yang berdekatan tidak sama. Aliran laminer diatur oleh hukum yang menghubungkan tegangan geser ke laju perubahan bentuk sudut. yaitu hasil kali kekentalan zat cair dan gradien kecepatan atau $r = \mu\ dv/dy$. Kekentalan zat cair tersebut dominan dan karenanya mencegah setiap kecenderungan menuju kondisi-kondisi turbulen.

Kecepatan kritis yang punya arti pentingbagi praktisi adalah kecepatan di bawah mana semua turbulensi diredam oleh kekentalan zat alirnya. Telah ditemukan bahwa batas atas aliran laminer yang mempunyai arti penting dinyatakan oleh suatu bilangan Reynolds sebesar 2000. Aliran zat cair yang bilangan Reynolds-nya berada pada 2000 - 4000 akan berubah dari laminer menjadi turbulen.

Untuk irisan-irisan penampang yang tak bundar,perbandingan luas irisan penampang terhadap keliling yang basah,disebut jari-jari hidraulik R (dalam m), digunakan dalam bilangan Reynolds. Pernyataan tersebut menjadi :

$$R = \frac{V\ (4R)}{v}$$

c. Aliran Turbulen

Karakteristik aliran turbulen adalah sangat penting mengingat hampir semua aliran dalam drainase berada dalam kategori aliran turbulen. Koefisien yang berlaku untuk kondisi turbulen, bila rumus hidrolika dengan bilangan reynolds akan digunakan, berubah sesuai dengan kekasaran dinding pipa maupun kekenyalan dan kerapatan dari zat alirnya.

Aliran turbulen dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Aliran dalam pipa mulus
2. Aliran dalam pipa relatif kasar, pada kecepatan tinggi dianggap sepenuhnya kasar.
3. Aliran pada daerah diantara kedua kondisi tersebut.

Hampir semua masalah hidrolika yang biasa, dihubungkan dengan aliran dalam katagori yang terakhir ini.

3.3.3. *RUMUS - RUMUS*

a. Kehilangan head Akibat Geser, dalam pipa.

Rumus yang ditetapkan untuk aliran laminer dari cairan dalam pipa dapat ditentukan secara rasional. Dilain pihak, hukum yang mengendalikan aliran turbulensi harus diperkirakan, karena gejala turbulensi itu sendiri belum sepenuhnya difahami. Chezy (1775) menyatakan bahwa kehilangan tekanan dalam aliran air di dalam pipa berubah sesuai dengan akar dari kecepatan. Hampir satu abab kemudian DARCY - WEISBBACH dan yang lain-lainnya menerima hipotesis Chezy dan mengusulkan yang sekarang dikenal sebagai rumus Chezy Weisbach :

$$hf = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

dimana :

hf = Energi yang hilang karena geseran, L = Panjang pipa (m)

D = Garis tengah bagian dalam pipa (m),

f = Koefisien Darcy - Weisbach, tanpa dimensi (= Friction factor), g = Konstant gravitasi pada percepatan terjun bebas (m/detik^2), 9,8 m/dt^2.

Faktor geseran f tergantung pada nilai bilangan Reynolds (R) dari nilai dari angka tanpa dimensi k/d yang mewakili kekasaran relatif dinding pipa, dimana k merupakan ekivalensi dari kekasaran dinding (m). Pengiraan besarnya nilai f akan diutarakan pada uraian berikutnya.

Banyak metode untuk mengira faktor geser pipa (f). Telah diterima secara umum sekarang ini bahwa persamaan Colebrook - White adalah yang terbaik untuk dipakai, karena persamaan tersebut menerangkan faktor geser pipa secara tepat, yang mencakup keseluruhan macam turbulensi, untuk pipa-pipa komersial.

Gaun persamaannya :

$$Lf = -0{,}86 \log e \left(\frac{k}{37D} + \frac{2{,}5}{Nr\sqrt{f}} \right)$$

Harus diselesaikan secara iterai, untuk mendapatkan faktor geser dari kekasaran dinding ; ratio tinggi/garis tengah k/d, dan bilangan Reynolds.

$$Nr = \frac{VD}{\nu}$$

dimana :

V = Kecepatan

ν = Kekentalan kinematik

Tebel dan gambar tersedia untuk membantu memecahkan masalah ini.

Ada juga persamaan lain yang diturunkan oleh Barr (1975) dan Swamee dan Jain (1976) yang sebanding dengan persamaan Colebrook - White sampai 1 atau 2 %.

Persamaan-persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai f tanpa iterasi.

Persamaannya Baru adalah :

$$f = \frac{1.325}{\left\{\log e \left(\frac{C}{3,7D}\frac{K}{} + \frac{5,13}{Nr^{0.86}}\right)\right\}^2}$$

Persamaan Swamee dan Jain adalah :

$$f = \frac{1.325}{\left[\log e \left(\frac{K}{3,7D} + \frac{5,74}{Nr^{0.9}}\right)\right]}$$

b. Kehilangan head pada Pipa ekivalen, bersambung, beruntai dan bercabang.

Sebuah pipa ekivalen dengan pipa lainnya atau dengan suatu sistem pipa bila, untuk suatu head turun tertentu, dihasilkan aliran yang sama dalam pipa ekivalen itu seperti yang telah dihasilkan dalam sistem tersebut. Seringkali terbukti lebih mudah untuk mengganti suatu sistem yang rumit dengan sebuah pipa ekivalen tunggal.

Pipa-pipa bersambung terdiri dari pipa-pipa dari beberapa ukuran yang berhubungan seri.

Pipa-pipa beruntai terdiri dari dua atau lebih pipa yang bercabang dan kembali bertemu di arah hilirnya (sejajar),

Pipa-pipa bercabang terdiri dari dua atau lebih pipa yang bercabang dan tidak kembali bertemu dihilirnya.

Untuk menyelesaikan permasalahan ini dapat digunakan Rumus HAZEN - WILLIAMS, rumus pembuangannya adalah :

$$Q = 0.2785\ C1\ d^{2.63}\ S^{0.54}$$

dimana :

Q = Aliran dalam m^3/dt
d = Garis tengah pipa bagian dalam (m)
S = Kemiringan Gradien Hidraulik
C1 = Koenfisien kekasaran ralatif Hazen - Williams. (didasarkan pada tabel lampiran)

Untuk mendapatkan head (tinggi tekanan) yang turun dapat diperoleh dengan menggunakan diagram B (pada lampiran). Dalam diagram B ioni aliran Q dinyatakan dalam juta gallon per hari (million gallons per day) = mgd.

Faktor konversinya adalah :

$$1 \text{ mgd} = 1{,}547 \text{ cfs} = 0.0438 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Untuk menyelesaikan perhitungan kehilangan head tinggi tekanan yang turun akibat adanya perubahan bentuk pipa dapat pula digunakan rumus BERNOULLI. yaitu :

Head turun total $$h = \frac{(\Sigma K + f)\, L.V^2}{d.2g}$$

dimana :

h = Head turun total (m)
f = Koefisien geser dalam pipa
d = Diameter dalam pipa (m)
g = Percepatan gravitasi, 9,8m2/dt
k = Koefisien kontraksi
untuk patokan harga K dapat dilihat pada tabel lampiran.

Pendekatan yang dipakai di Indonesia dalam merancang drainase perkotaan msih menggunakan cara konvensional, yaitu dengan menggunakan saluran terbuka. Apabila digunakan saluran yang ditanam dalam tanah, yang biasanya berbentuk bulat atau persegi, maka diasumsikan agar saluran tersebut penuh secukupnya dalam arti tidak tertekan, sehingga masih dapat dipergunakan persamaan saluran terbuka. Rumus Manning biasanya digunakan untuk memperlihatkan kehilangan tekanan akibat geser dalam saluran tertutup.

Perencanaan sistem drainase air hujan di negara -negara yang sudah maju ada kecenderungan pemakaian pipa, dengan menggunakan prinsip aliran di saluran tertutup. Karena cara ini menggunakan saluran tertutup, sehingga alirannya tertekan, keuntungannya dimensi yang diperlukan dapt diturunkan, terutama di daerah terjal.

Untuk aliran bertekanan, persamaan Manning hanya diterapkan pada daerah yang betul-betul kasar. Oleh karena itu rumus tersebut sering tidak bisa diterapkan untuk berbagai kasus aliran bertekanan " dan karenanya jarang dipakai. Persamaan oleh brooke - white itu yang disarankan. Bila merancang untuk aliran yang bertekanan, maka besar kehilangan energi disumuran perlu diperkirakan secara tepat, karena gejala tersebut sangat berarti pada situasi aliran tertekan. Sumber utama dari data untuk kehilangan energi di sumuran adalah Gambar Missouri" dari Sangster, Word, Smerdon dan Bossy (1958). Gambar tersebut diturunkan dari model test hidrolika sebagai contoh dibawah ini ditunjukan rancangan dari sebuah aliran tertekan digambarkan pada gambar 3.3.3.

3.4 BAGUNAN AIR

a. Bangunan Gorong-gorong

Bangunan gorong-gorong ini dimaksudkanb untuk meneruskan aliran air buangan yang melintas dibawah jalan raya. Dalam merencanakan gorong-gorong ini perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

* harus cukup besar untuk melewatkan debit air maksimum dari daerah pengaliran secara efisien
* Kemiringan dasar gorong-gorong dibuat lebih besar dari saluran pembuangannya, dimaksudkan agar dapat menggelontor sedimen.
* Keadaan aliran pada gorong-goring.

Dikenal ada 2 keadaan aliran gorong-gorong yakni "

- kendali inlet
- kendali outlet

Untuk setiap jenis pengendalian, rumus serta faktor yang berlainan harus digunakan. Adapun rumus - rumusnya sebagai berikut :

Rumus untuk gorong-gorong kotak yang pendek yang berpengedalian inlet telah diberikan oleh Henderson FM " Open Chanel Flow" (1966), yaitu :

- Bila Hw/D < 1,2 kira-kira permukaan air pada bagian masuk tidak akan menyinggung bagian atas dari lubang gorong-gorong oleh karena itu arus menjadi kritis.

Oleh karena itu debit maka debitnya adalah :

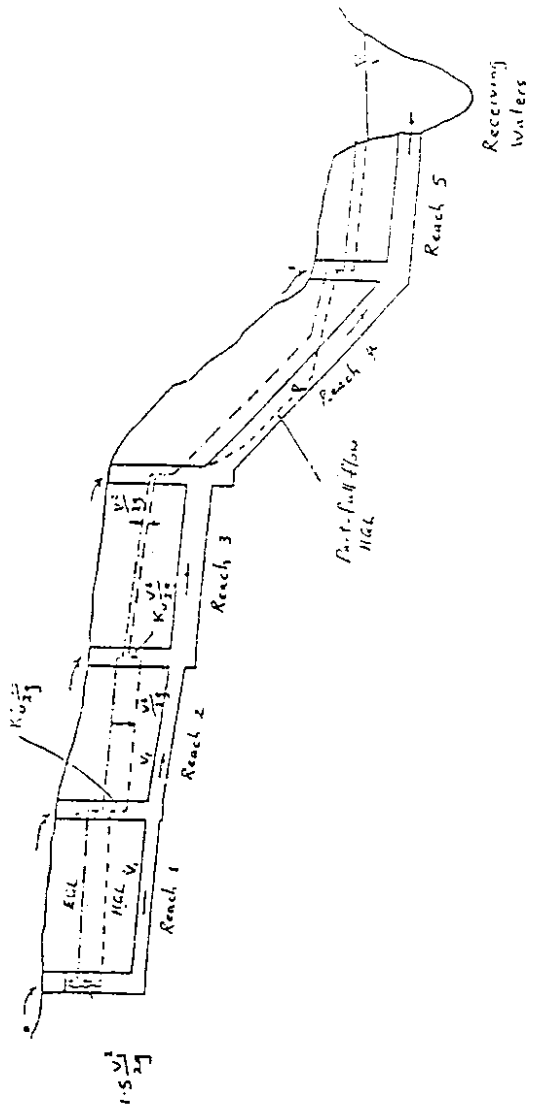
$$Q = 2/3\ Cb\ B\ Hw \sqrt{2/3\ g\ Hw} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (Hw/D < 1{,}2)$$

dimana :

B = lebar lubang

Cb = koefisien yang menyatakan pengaruh lebar penyempitan aliran.

Apabila tepi vertikalnya dibuat bulat dengan radius 0.1 B atau lebih, maka tidak akan ada penyempitan samping dan Cb = 1, Bila tepi vertikalnya dibiarkan tetap persegi : Cb = 0,9.



Gambar 3.3.3. Garis derajat energi dan Hidrolik dalam suatu sistem drainage pada Laju aliran Rencana tertentu; " Desain di bawah Tekanan"

Apabila Hw/D > 1,2 kira-kira permukaan air akan menyentuh bagian atas lubang gorong-gorong, dan untuk nilai ataunilai yang lebih besar dari 4, maka tempat masuk gorong-gorong akan berlalu pintu gesar.

Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa pengaruh kombinasi dari penyempitan vertikal maupun horizontal dapat diutarakan sebagai satu koefisien penyempitan, Cb, di bidang tegak, yang untuk dasar langit-langit" yang dibulatkan dan tepi vertikal adalah 0,8, sedangkan untuk tepi persegi adalah 0,6.

Debit bisa dihitung berdasarkan asumsi tersebut dengan memakai persamaan :

$Q = Ch.\ B.B\ \sqrt{2g(\ Hw - Cn\ D)}$ ..... (Hw/D > 1,2)

hasilnya akan berada antara 2 debit yang terukur untuk Hw/D > 1,2

3.5 PEMAKAIAN HIDROLIKA JADI PERENCANAAN DRAINASE

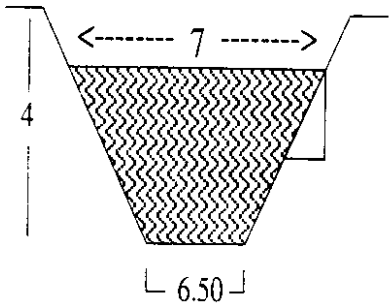
Yang perlu diperhatikan dalam perencanaan drainase dilihat dari sisi hidrolika adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan maksimum aliran agar ditentukan tidak lebih besar dari kecepatan maksimum yang diijinkan sehingga tidak terjadi kerusakan.
2. Kecepatan minimum aliran agar ditentukan tidak lebih kecil dari pada kecepatan minimum yang diijinkan sehingga tidak terjadi pengendapan dan pertumbuhan tanaman air.
3. Bentuk penampang saluran agar dipilih berupa segi empat, trapesium, lingkaran, bagian dari lingkaran, bulat telor, bagian dari bulat telor, atau kombinasi dari bentuk - bentuk diatas.
4. Saluran hendaknya dibuat dalam bentuk majemuk, terdiri dari saluran kecil dan saluran besar, guna mengurangi beban pemeliharaan.
5. Kelancaran pengaliran air dari jalan kedalam saluran drainase agar dilewatkan melalui lubang pematus yang berdimensi dan berjarak penempatan tertentu.
6. Dimensi bangunan pelengkap seperti gorong-gorong, pintu air dan lubang pemeriksaan agar ditentukan berdasarkan kriteria perancangan sesuai dengan macam kota, daerah dan macam saluran.

SOAL / LATIHAN :

1. Sebuah saluran drainase berpenampang trapesium lebar dasarnya 6,50 m dan kemiringan lerengnya 1:1, mengalir air yang dalamnya 1,25 m pada kemiringan 0,0009, untuk harga n = 0,025, berapakah kemampuan saluran tersebut untuk mengalirkan air ?

   Jawab :



$$Q = \frac{A.V = A \cdot R^{2/3}}{n} \; S^{1/2}$$

$$A = (6{,}50 + 1{,}25)\ 1{,}25 = 10{,}16\ m^2$$

$$R = \frac{10{,}16}{[\ 6{,}50 + 2\ (\ 1{,}25\ V\ 2\ ]} = 1{,}01\ m$$

$$Q = \frac{10{,}16\ (\ 1{,}01)^{2/3}\ (0{,}0009)^{0.5}}{0{,}025}$$

$$= 12{,}27\ m^3/dt$$

2. Sebuah saluran drainase berpenampang bulat (pipa) dipasang dengan kemiringan 0,00020 dan mengalirkan air sebesar 2,36 m^3/dt bila pipa tersebut mengalir 0,09 penuh, n = 0,015. Berapakah ukuran pipa yang dibutuhkan ?

   Jawab :

   Lihat gambar

$$\text{Dicari } R = A = \frac{\text{lingkaran - (sektor AOCE) - (segitiga AOCD)}}{\text{busur ABC}}$$

$$\text{Sudut } O = \text{Cos}^{-1}\ (0{,}40\ d/\ 0{,}50\ d) = \text{Cos}^{-1}\ 0{,}80$$

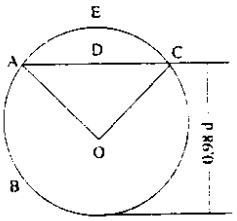
$$O = 36^0\ 52$$

$$\text{Luas sektor AOCE} = \frac{[\ 2\ (36^0 52)\ 1/4\ 11}{360^0} = 0{,}1612\ d^2$$

Panjang busur ABC $= \dfrac{11d^2 - [2\ (36^0 52)\ (\ 11\ d\ )}{360^0} = 2{,}498d$

Luas segitiga AOCD $= 2\ (1/2)\ (0.40D)\ (0{,}40d \tan 36^0 52)$

$= 0{,}1200\ d^2$



$R = \dfrac{1/4\ 11\ d\ -\ (0{,}1612\ d^2 = 0{,}120\ d^2)}{2{,}498d}$

$= \dfrac{0{,}7442\ d^2 = 0{,}298\ d}{2{,}498\ \ d}$

Menggunakan C Kutter (dimisalkan sebesar 55, untuk perhitungan pertama),

$Q = C\ A\ V\ RS$

$2{,}36 = 55\ (\ 0{,}7442\ d^2\sqrt{0{,}298.\ 0{,}0002}$

$d^{5/2} = 7{,}469,\ d = 2{,}235\ m$

Menguji C, R $= 0{,}298 \times 2{,}235 = 0{,}666m$

dari tabel memberikan C = 62, dihitung kembali

$d^{5/2} = 7{,}469\ (\ 55/62\ ) = 6{,}626$

$d = 2{,}13\ m.$

Menggunakan C Manning,

$Q = \dfrac{A.V = A.R^{2/3}.\ S^{1/2}}{n}$

$2{,}36 = \dfrac{(\ 0{,}7442\ \ d^2)\ (0{,}298\ d)^{2/3}\ (0{,}0002)^{1/2}}{0{,}015}$

$d^{8/3} = 7{,}56, \qquad d = 2{,}14\ m.$

TABEL 1

KECEPATAN ALIRAN AIR YANG DIIZINKAN BERDASARKAN JENIS MATERIAL

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diizinkan (m/detik)
Pasir Halus	0.45
Lempung kepasiran	0.50
Lanau aluvial	0.60
Kerikil halus	0.75
Lempung kokoh	0.75
Lempung padat	1.10
Kerikil kasar	1.20
Batu-batu besar	1.50
Pasangan batu	1.50
Beton	1.50
Beton bertulang	1.50

TABEL 2

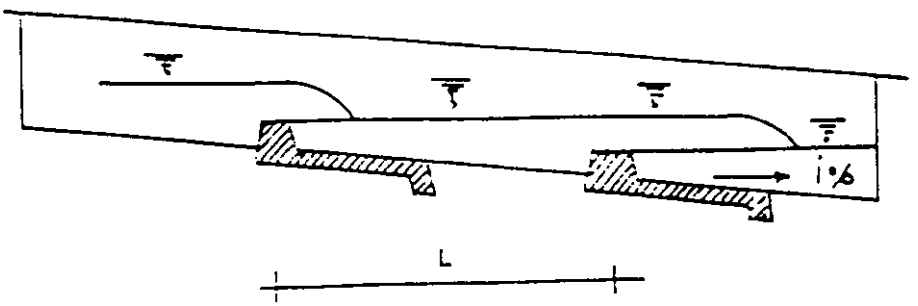
HUBUNGAN KEMIRINGAN SELOKAN SAMPING JALAN (i) DAN JENIS MATERIAL

Jenis material	Kemiringan selokan samping I (%)
Tanah Asli	0 - 5
Kerikil	5 - 7.5
Pasangan	7.5

TABEL 3

HUBUNGAN KEMIRINGAN SELOKAN SAMPING JALAN (i) DAN JARAK PEMATAH ARUS (L)

i	(%)	6%	7%	8%	9%	10%
L	(M)	16M	10M	8M	7M	6M



GAMBAR PEMATAH ARUS

TABEL 4

BEBERAPA HARGA RATA-RATA DARI n UNTUK PENGGUNAAN DALAM RUMUS KUITER DAN MANNING DAN M DALAM RUMUS BAZIN

Jenis Saluran Terbuka	n	m
Lapisan semen mulus, kayu datar terbaik	0.010	0.11
Kayu datar, saluran lapisan–kayu baru, besi tuang berlapis	0.012	0.20
Pipa selokan bening yang bagus, tembok -bata yang bagus, pipa beton biasa, kayu tak datar, saluran logam mulus	0.013	0.29
Pipa selokan tanah biasa dan pipa besi tulang, lapisan semen biasa	0.015	0.40
Kanal-kanal tanah, lurus dan terpelihara	0.023	1.54
Kanal-kanal tanah galian, kondisi biasa	0.027	2.36
Kanal-kanal yang dipahat dalam batu	0.040	3.50
Sungai dalam kondisi baik	0.030	3.00

TABEL 5

HARGA-HARGA FAKTOR PEMBUANGAN K' dalam $Q = (K'/n)b^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$ untuk SALURAN-SALURAN TRAPESIUM

(y = kedalaman aliran, b = lebar dasar saluran)

Kemiringan Sisi-sisi Penampang Saluran (mendatar terhadap tegak)

y/b	Tegak	1:4	1:2	3:4	1:1	3:2	2:1	5:2	3:1	4:1
0.01	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00047	0.00047
0.02	0.00143	0.00145	0.00145	0.00146	0.00147	0.00148	0.00149	0.00149	0.00150	0.00151
0.03	0.00279	0.00282	0.00285	0.00287	0.00288	0.00291	0.00293	0.00295	0.00298	0.00302
0.04	0.00444	0.00451	0.00457	0.00461	0.00465	0.00471	0.00476	0.00482	0.00487	0.00495
0.05	0.00637	0.00649	0.00659	0.00667	0.00674	0.00686	0.00695	0.00705	0.00713	0.00731
0.06	0.00855	0.00875	0.00888	0.00902	0.00915	0.00929	0.00949	0.00962	0.00976	0.01009
0.07	0.01090	0.01117	0.01144	0.01164	0.01178	0.01211	0.01231	0.01258	0.01279	0.01326
0.08	0.01346	0.01386	0.01420	0.001447	0.01474	0.01514	0.01555	0.01588	0.01615	0.01682
0.09	0.01622	0.01676	0.01723	0.01763	0.001779	0.01815	0.01898	0.01945	0.01992	0.02086
0.10	0.01911	0.01978	0.02046	0.02093	0.02140	0.02214	0.02281	0.02342	0.02309	0.0253
0.11	0.02214	0.02308	0.02382	0.02450	0.02510	0.02604	0.02692	0.02779	0.02853	0.03015
0.12	0.02530	0.02645	0.02746	0.02826	0.02900	0.03028	0.03236	0.03244	0.03345	0.03546
0.13	0.02860	0.03001	0.03122	0.03230	0.03318	0.03472	0.03614	0.03742	0.03869	0.04125
0.14	0.03203	0.03378	0.03526	0.03647	0.03762	0.03950	0.04118	0.04280	0.04435	0.04751
0.15	0.03553	0.03762	0.03937	0.04092	0.04219	0.04455	0.04657	0.04852	0.05040	0.05417
0.16	0.03917	0.04166	0.04374	0.04549	0.04711	0.04980	0.05229	0.05458	0.05686	0.06137
0.17	0.04293	0.04576	0.04818	0.05034	0.05215	0.05538	0.05828	0.06104	0.06373	0.06904
0.18	0.04677	0.05007	0.05289	0.05532	0.05747	0.06124	0.06460	0.06783	0.07100	0.07725
0.19	0.05057	0.05444	0.05767	0.06050	0.06299	0.06736	0.07127	0.07503	0.07867	0.08594
0.20	0.05464	0.05895	0.06265	0.06588	0.06871	0.07376	0.07826	0.08257	0.08681	0.09515
0.22	0.06285	0.06830	0.07335	0.07739	0.08075	0.08748	0.09354	0.09892	0.10431	0.11507
0.24	0.0714	0.0781	0.0841	0.0895	0.0942	0.1023	0.1097	0.01164	0.1238	0.1373
0.26	0.0801	0.0882	0.0956	0.1023	0.1056	0.1178	0.1272	0.1359	0.1447	0.1622
0.28	0.0888	0.0989	0.1077	0.1157	0.1225	0.1353	0.1460	0.1575	0.1676	0.1891
0.30	0.0983	0.1097	0.1205	0.1299	0.1380	0.1534	0.1669	0.1797	0.1931	0.2180
0.32	0.108	0.121	0.134	0.145	0.155	0.172	0.189	0.205	0.220	0.250
0.34	0.117	0.133	0.147	0.160	0.172	0.193	0.213	0.231	0.249	0.285
0.36	0.127	0.145	0.162	0.177	0.190	0.215	0.238	0.259	0.280	0.322
0.38	0.137	0.157	0.177	0.194	0.210	0.238	0.264	0.289	0.313	0.361
0.40	0.157	0.170	0.192	0.212	0.229	0.262	0.292	0.320	0.349	0.404
0.42	0.157	0.184	0.208	0.230	0.251	0.287	0.322	0.354	0.386	0.450
0.44	0.167	0.197	0.225	0.250	0.273	0.314	0.353	0.390	0.426	0.498
0.46	0.178	0.211	0.242	0.270	0.295	0.343	0.386	0.428	0.468	0.549
0.48	0.188	0.225	0.259	0.291	0.319	0.372	0.421	0.468	0.513	0.604
0.50	0.199	0.239	0.277	0.312	0.344	0.402	0.457	0.509	0.561	0.662
0.55	0.225	0.276	0.324	0.369	0.410	0.486	0.556	0.623	0.690	0.821
0.60	0.252	0.315	0.375	0.431	0.483	0.577	0.666	0.752	0.834	1.003
0.70	0.308	0.398	0.486	0.568	0.645	0.787	0.922	1.05	1.18	1.43
0.80	0.365	0.488	0.610	0.725	0.834	1.04	1.23	1.41	1.59	1.95
0.90	0.423	0.585	0.747	0.902	1.05	1.33	1.59	1.84	1.09	1.58
1.00	0.480	0.688	0.895	1.10	1.30	1.66	2.01	2.34	2.67	3.32
1.20	0.600	0.915	1.24	1.57	1.88	2.47	3.03	3.58	4.11	5.16
1.40	0.720	1.17	1.65	2.13	2.59	3.48	4.32	5.14	5.95	7.54
0.60	0.841	1.45	2.11	2.79	3.45	4.70	5.91	7.08	8.21	10.5
0.80	0.962	1.76	2.64	3.55	4.44	6.16	7.81	9.42	11.0	14.1
2.00	1.08	2.10	3.24	4.43	5.60	7.87	10.0	12.2	14.3	18.4
2.25	1.24	2.56	4.10	5.69	7.87	10.40	13.3	162	19.1	247

*Harga-harga dari King.. "Handbook of Hidraulics". 4th edetion, McGraw-Hill Co.

TABEL 6

HARGA-HARGA FAKTOR PEMBUANGAN K' dalam $Q = (K'/n) y^{\frac{1}{4}} S^{\frac{1}{2}}$ untuk SALURAN-SALURAN TRAPESIUM

(y = kedalaman aliran, b = lebar dasar saluran)

Kemiringan Sisi-sisi Penampang Saluran (mendatar terhadap tegak)

y/b	Tegak	1:4	1:2	3:4	1:1	3:2	2:1	5:2	3:1	4:1
0.01	98.7	99.1	99.3	99.6	99.8	100	100.4	100.6	100.9	101.3
0.02	48.7	49.1	49.4	49.6	49.8	50.1	50.4	50.7	50.9	51.3
0.03	32.0	32.4	32.4	33.0	33.2	33.5	33.8	34.1	34.3	34.7
0.04	23.8	24.1	24.4	24.6	24.8	25.2	25.4	25.7	26.0	26.4
0.05	18.8	19.1	19.4	19.7	19.9	20.2	20.5	20.8	21.0	21.5
0.06	15.5	15.8	16.1	16.4	16.6	16.9	17.2	17.5	17.7	18.2
0.07	13.1	13.5	13.7	14.0	14.2	14.5	14.8	15.1	15.3	15.9
0.08	11.3	11.6	12.0	12.2	12.4	12.7	13.1	13.3	13.6	14.1
0.09	9.96	10.3	10.6	10.8	11.0	11.4	11.7	12.0	12.2	12.8
0.10	8.88	9.22	9.50	9.69	10.3	10.6	10.9	11.2	11.7	
0.11	7.96	8.30	8.59	8.82	9.03	9.35	9.69	10.0	10.3	10.8
0.12	7.22	7.56	7.84	8.08	8.28	8.61	8.95	9.29	9.56	10.1
0.13	6.59	6.92	7.21	7.44	7.65	8.00	8.34	8.61	8.95	9.49
0.14	6.06	6.39	6.67	6.90	7.11	7.47	7.81	8.08	8.41	9.02
0.15	5.60	5.92	6.20	6.44	6.65	7.00	7.34	7.67	7.94	8.55
0.16	5.20	5.52	5.79	6.03	6.24	6.60	6.92	7.23	7.54	8.14
0.17	4.84	5.16	5.44	5.67	5.88	6.24	6.57	6.88	7.19	7.81
0.18	4.53	4.85	5.12	5.36	5.57	5.93	6.26	6.57	6.87	7.47
0.19	4.25	4.66	4.84	5.07	5.28	5.65	5.98	6.29	5.59	7.20
0.20	4.00	4.31	4.58	4.82	5.03	5.39	5.72	6.04	6.25	6.93
0.22	3.57	3.88	4.15	4.38	4.59	4.95	5.29	5.61	5.92	6.53
0.24	3.21	3.51	3.78	4.01	4.22	4.59	4.93	5.24	5.56	6.18
0.26	2.91	3.21	3.47	3.71	3.92	4.29	4.62	4.95	5.26	5.88
0.28	2.66	2.95	3.21	3.45	3.65	4.02	4.36	4.68	5.00	5.63
0.30	2.44	2.73	2.99	3.22	3.43	3.80	4.14	4.46	4.78	5.41
0.32	2.25	2.54	2.79	3.02	3.23	3.60	3.94	4.27	4.59	6.53
0.34	2.08	2.36	2.62	2.85	3.06	3.43	3.77	4.10	4.41	5.05
0.36	1.94	2.21	2.47	2.70	2.90	3.28	3.62	3.94	4.27	4.90
0.38	1.80	2.08	2.34	2.56	2.77	3.14	3.48	3.81	4.13	4.77
0.40	1.69	1.97	2.21	2.44	2.64	3.01	3.36	3.69	4.01	4.65
0.42	1.59	1.86	2.11	2.33	2.54	2.91	3.25	3.58	3.90	4.54
0.44	1.49	1.76	2.01	2.23	2.44	2.81	3.15	3.48	3.81	4.44
0.46	1.41	1.67	1.92	2.14	2.34	2.72	3.06	3.39	3.71	4.35
0.48	1.33	1.59	1.83	2.06	2.26	2.63	2.98	3.31	3.63	4.27
0.50	1.26	1.52	1.76	1.98	2.19	2.56	2.90	3.24	2.56	4.20
0.55	1.11	1.36	1.59	1.82	2.02	2.39	2.74	3.07	3.40	4.04
0.60	0.983	1.23	1.46	1.68	1.88	2.25	2.60	2.93	3.26	3.90
0.70	0.794	1.03	1.26	1.47	1.67	2.04	2.39	2.72	3.05	3.69
0.80	0.661	0.882	1.10	1.31	1.51	1.88	2.23	2.39	2.72	3.55
0.90	0.559	0.774	0.989	1.20	1.39	1.76	2.11	2.44	2.77	3.42
1.00	0.480	0.686	0.895	1.10	1.30	1.66	2.01	2.34	2.67	3.32
1.20	0.369	0.563	0.767	0.962	1.16	1.52	1.86	2.20	2.53	3.18
1.40	0.293	0.476	0.672	0.868	1.06	1.42	1.76	2.10	2.42	3.08
1.60	0.240	0.415	0.604	0.794	0.983	1.35	1.69	2.02	2.35	2.99
1.80	0.201	0.367	0.552	0.740	0.929	1.29	1.63	1.96	2.29	2.93
2.00	0.171	0.330	0.511	0.700	0.882	1.24	1.58	1.91	2.24	2.89
2.25	0.143	0.295	0.471	0.656	0.834	1.19	1.53	1.86	2.19	2.84

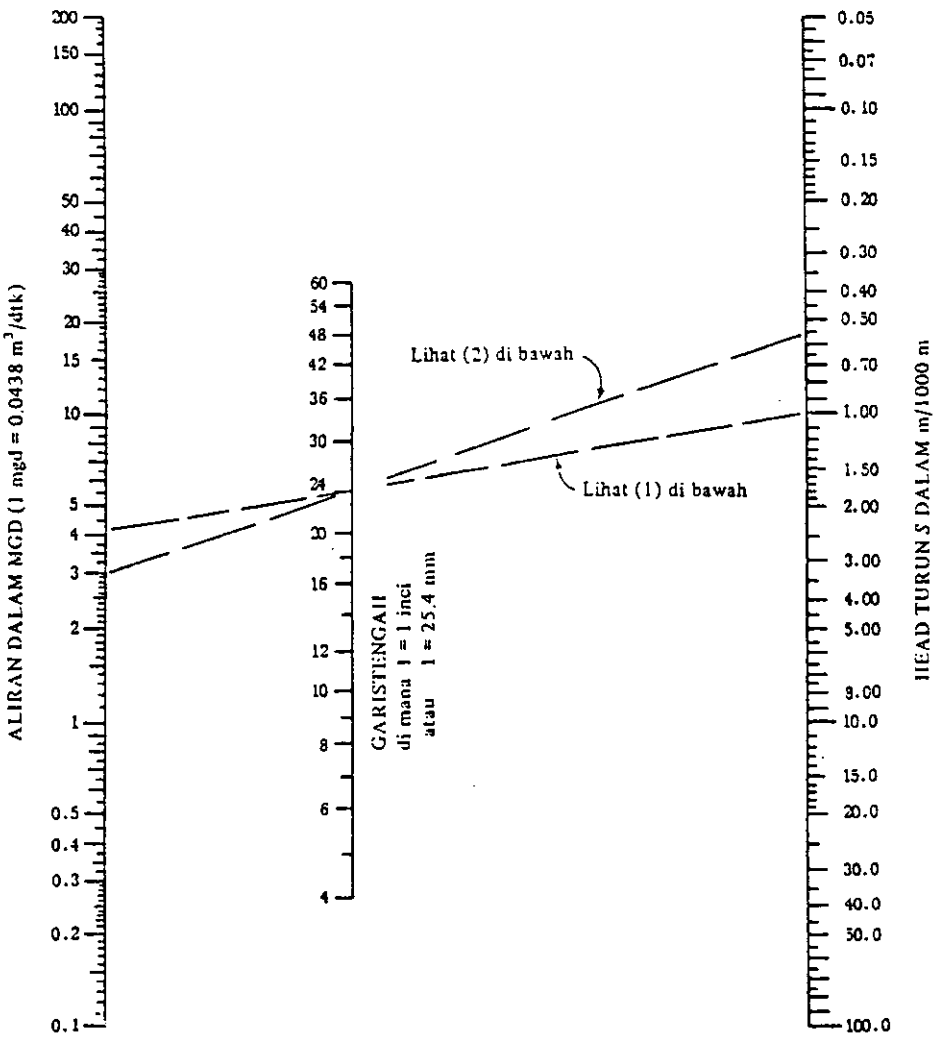
*Harga-harga dari King.. "Handbook of Hidraulics". 4th edetion, McGraw-Hill Co.

TABEL 7
HARGA-HARGA C DARI RUMUS KUTTER

Kemiringan S	n	Jari-jari Hidraulik R Dalam Meter													
		0.061	0.091	0.122	0.183	0.244	0.305	0.457	0.610	0.762	0.915	1.22	1.83	2.44	3.05	4.57
0.00005	0.010	48.0	54.1	60.2	67.9	72.4	77.3	85.0	90.5	95.0	97.7	103	110	114	118	121
	0.012	37.5	43.1	48.5	54.1	59.1	62.4	69.6	74.5	78.4	81.7	85.7	92.8	97.2	100	104
	0.015	28.7	33.0	36.4	42.0	45.3	49.1	54.7	59.1	62.4	65.1	69.6	76.2	80.1	82.8	87.3
	0.017	23.7	27.6	31.5	35.9	39.8	42.5	47.5	51.3	54.1	56.9	61.3	67.4	71.2	74.0	78.4
	0.020	19.3	22.6	24.8	29.0	32.6	35.3	39.8	44.2	46.4	48.6	52.4	58.2	61.3	64.0	69.0
	0.025	14.4	16.6	19.3	22.6	24.8	27.1	31.5	34.2	36.4	38.6	42.1	46.9	50.8	52.0	57.4
	0.030	12.1	13.3	15.5	18.2	20.4	22.1	25.9	28.2	30.4	32.0	35.9	40.9	43.1	46.4	49.7
0.0001	0.010	54.1	59.6	65.1	72.0	77.5	81.2	87.2	92.2	95.3	98.0	103	108	112	114	117
	0.012	42.0	47.5	52.4	58.0	62.4	65.7	71.8	76.2	79.5	81.7	85.6	91.1	93.9	96.1	99.4
	0.015	31.5	35.3	39.8	44.7	48.6	50.8	56.9	60.2	62.9	65.1	69.0	74.0	77.3	79.0	82.3
	0.017	26.5	30.4	34.2	38.6	41.4	44.2	48.6	52.4	54.7	57.4	61.3	65.1	69.0	70.7	74.0
	0.020	21.0	24.8	27.6	31.5	34.8	37.0	41.4	44.7	46.9	48.6	52.4	56.3	59.1	61.3	65.1
	0.025	15.5	18.8	21.0	23.7	26.5	28.2	32.6	35.3	37.0	38.6	42.5	46.4	49.1	51.3	54.1
	0.030	12.7	14.9	16.6	19.3	21.5	23.2	26.5	28.7	30.4	32.6	35.3	39.8	41.4	44.2	46.9
0.0002	0.010	58.0	63.5	69.0	75.6	80.1	82.8	89.4	93.8	96.1	98.3	102	107	109	112	114
	0.012	45.3	50.8	55.2	60.7	64.6	67.9	73.4	76.7	79.5	81.7	85.0	89.4	93.2	93.9	96.6
	0.015	33.7	38.1	42.0	46.4	50.2	53.0	58.0	60.7	62.9	65.1	68.5	72.9	75.6	77.3	80.1
	0.017	28.7	32.6	35.9	40.3	43.1	45.8	49.7	53.6	55.2	57.4	60.7	64.6	67.4	69.0	71.8
	0.020	23.2	26.5	29.2	33.1	35.9	37.5	42.0	45.3	46.9	48.6	51.9	55.2	58.0	59.6	62.4
	0.025	16.6	19.3	22.1	24.8	27.6	29.8	33.1	35.9	37.5	38.6	42.0	45.8	47.5	49.7	52.4
	0.030	13.8	15.5	17.7	20.4	22.1	23.7	27.1	29.3	30.9	32.6	34.8	38.1	40.9	42.5	45.3
0.0004	0.010	60.7	66.8	70.7	77.3	81.7	84.5	90.5	94.4	96.1	98.3	102	106	107	109	112
	0.012	48.0	52.4	56.9	62.4	66.3	69.0	74.0	77.8	80.1	82.3	84.5	88.9	91.1	92.8	95.0
	0.015	35.3	40.3	43.1	48.0	51.3	54.1	58.5	61.8	63.5	65.1	67.9	71.8	74.0	75.6	78.4
	0.017	29.8	34.2	37.5	41.4	44.2	46.4	50.8	54.1	55.8	57.4	60.7	64.0	66.3	67.9	70.7
	0.020	23.7	27.6	30.4	33.7	37.0	38.6	42.5	45.8	47.5	48.6	51.9	54.7	57.4	58.5	60.7
	0.025	17.7	20.4	23.2	25.9	28.2	30.4	33.1	35.9	37.5	38.6	41.4	45.3	46.9	48.6	50.8
	0.030	14.4	16.6	18.2	21.0	22.6	24.3	27.6	29.8	31.5	32.6	34.8	37.5	40.3	41.4	44.1
0.001	0.010	62.4	68.5	72.9	79.0	82.3	85.6	91.9	95.0	96.6	98.3	102	105	108	109	111
	0.012	48.6	53.6	58.0	63.5	66.8	70.1	74.5	78.4	80.1	82.3	85.0	88.3	90.5	92.2	94.4
	0.015	36.4	41.4	44.2	48.6	51.9	54.1	59.1	61.8	64.0	65.7	67.9	71.3	73.4	74.5	77.3
	0.017	30.4	34.8	37.5	42.0	44.7	46.9	50.8	54.1	56.3	58.0	60.7	63.5	65.7	67.4	70.1
	0.020	24.8	28.2	30.9	34.2	37.5	39.2	43.1	46.4	48.0	49.1	51.3	54.1	56.9	58.0	60.2
	0.025	18.2	21.0	23.7	26.5	28.7	30.4	33.7	35.9	37.5	38.6	41.4	44.7	46.4	48.0	50.2
	0.030	14.9	16.6	18.8	21.0	23.2	24.8	27.6	29.8	31.5	32.6	34.8	37.5	39.8	40.9	43.1
0.01	0.010	62.9	69.0	73.4	79.0	83.4	86.1	91.9	95.0	96.6	98.3	102	105	107	108	110
	0.012	49.1	54.7	58.5	64.0	67.4	70.7	75.1	78.4	80.1	82.3	85.0	87.8	90.0	91.6	93.9
	0.015	37.0	42.0	44.7	49.1	52.4	54.7	59.1	62.4	64.0	65.7	67.9	71.2	73.4	74.5	77.3
	0.017	30.9	35.3	38.1	42.5	45.3	47.5	51.3	54.7	56.9	58.0	60.2	63.5	65.1	66.8	69.6
	0.020	25.4	28.7	31.5	34.8	37.5	39.8	43.1	46.4	48.0	49.1	51.3	54.1	56.3	58.0	59.6
	0.025	18.8	21.5	24.3	27.1	28.7	30.9	34.2	35.9	37.5	38.6	41.4	44.2	45.8	47.5	49.7
	0.030	14.9	17.1	19.3	21.5	23.7	24.8	28.2	30.4	32.0	32.6	34.8	37.0	39.2	40.3	42.5

DIAGRAM B

KARTA ALIRAN
RUMUS HAZEN-WILLIAMS, C =1000



PENGGUNAAN KARTA

(1) Misal D = 609.6 mm, S =1.0 m/1000m, C = 120; carilah aliran Q.
Karta memberi Q100 = 4.2 mgd = 0.184 ,3/dtk
untuk C1 = 120, Q = (120/100) (0.184) = 0.219 m3/dtk

(2) Misal Q = 0.1576 m3/dtk, D = 609.6mm, C1 = 120; carilah Head Turun.
Ubah Q120 menjadi Q100;Q100 = (100/120)(0.1576) = 0.1313 m3/dtk
Karta memberi S = 0,55m/1000m

Bab 4
Sistem Drainase

4.1. UMUM

Pertumbuhan kota dan perkembangan industri menimbulkan dampak yang cukup besar pada siklus hidrologi sehingga berpengaruh besar terhadap sistem drainase perkotaan. Sebagai contoh ada perkembangan beberapa kawasan hunian yang disinyalir sebagai penyebab banjir dan genangan di lingkungan sekitarnya. Hal ini disebabkan karena perkembangan urbanisasi, menyebabkan perubahan tata guna lahan, sedangkan siklus hidrologi sangat dipengaruhi oleh tata guna lahan. Oleh karena itu setiap perkembangan kota harus diikuti dengan perbaikan sistem drainase, tidak cukup hanya pada lokasi yang dikembangkan, melainkan harus meliputi daerah sekitarnya juga.

Jaringan drainase perkotaan meliputi seluruh alur air, baik alur alam maupun alur buatan yang hulunya terletak di kota dan bermuara di sungai yang melewati kota tersebut atau bermuara ke laut di tepi kota tersebut.

Drainase perkotaan melayani pembuangan kelebihan air pada suatu kota dengan cara mengalirkannya melalui permukaan tanah (surface drainage) atau lewat di bawah permukaan tanah (sub surface drainage), untuk dibuang ke sungai, laut atau danau. Kelebihan air tersebut dapat berupa air hujan, air limbah domestik maupun air limbah industri. Oleh karena itu, drainase perkotaan harus terpadu dengan sanitasi, sampah, pengendalian banjir kota dan lain-lain.

4.2. SUMBER AIR BUANGAN

Secara umum sumber-sumber air buangan kota dibagi dalam kelompok-kelompok (disesuaikan dengan perencanaan air minum yang ada), diantaranya :

* Dari rumah tangga
* Dari perdagangan
* Dari industri sedang dan ringan
* Dari pendidikan
* Dari kesehatan
* Dari tempat peribadatan
* Dari sarana rekreasi

Untuk menghindari terjadinya pembusukan dalam pengaliran air buangan harus sudah tiba di bangunan pengolahan tidak lebih dari 18 jam, untuk daerah tropis.

Dalam perencanaan, estimasi mengenai total aliran air buangan dibagi dalam 3 (tiga) hal yaitu :

1. Air buangan domestik : maksimum aliran air buangan domestik untuk daerah yang dilayani pada periode waktu tertentu.
2. Infiltrasi air permukaan (hujan) dan air tanah (pada daerah pelayanan dan sepanjang pipa)
3. Air buangan industri & komersial : tambahan aliran maksimum dari daerah-daerah industri dan komersial.

4.3. FUNGSI JARINGAN

Pada sistem pengumpulan air buangan yang diperhatikan ada 2 macam air buangan, yaitu air hujan dan air kotor (bekas).

Cara atau sistem buangan ada 3, yaitu :

* Sistem terpisah (Separate System)
* Sistem tercampur (Combined System)
* Sistem kombinasi (Pseudo Separate System), atau sistem interseptor.

4.3.1. SISTEM TERPISAH (SEPARATE SYSTEM)

Air kotor dan air hujan dilayani oleh sistem saluran masing-masing secara terpisah.

Pemilihan sistem ini didasarkan atas beberapa pertimbangan antara lain :

1. Periode musim hujan dan kemarau yang terlalu lama.
2. Kuantitas yang jauh berbeda antara air buangan dan air hujan.
3. Air buangan memerlukan pengolahan terlebih dahulu sedangkan air hujan tidak perlu dan harus secepatnya dibuang ke sungai yang terdapat pada daerah yang ditinjau.

Keuntungan :

1. Sistem saluran mempunyai dimensi yang kecil sehingga memudahkan penbuatannya dan operasinya.
2. Penggunaan sistem terpisah mengurangi bahaya bagi kesehatan masyarakat.
3. Pada instalasi pengolahan air buangan tidak ada tambahan beban kapasitas, karena penambahan air hujan.
4. Pada sistem ini untuk saluran air buangan bisa direncanakan pembilasan sendiri, baik pada musim kemarau maupun pada musim hujan.

Kerugiaan :

Harus membuat 2 sistem saluran sehingga memerlukan tempat yang luas dan biaya yang cukup besar.

4.3.2. SISTEM TERCAMPUR (COMBINED SYSTEM)

Air kotor dan air hujan disalurkan melalui satu saluran yang sama. Saluran ini harus tertutup. Pemilihan sistem ini didasarkan atas beberapa pertimbangan, antara lain :

1. Debit masing-masing buangan relatif kecil sehingga dapat disatukan.
2. Kuantitas air buangan dan air hujan tidak jauh berbeda.
3. Fluktuasi curah hujan dari tahun ke tahun relatif kecil.

Keuntungan :

1. Hanya diperlukan satu sistem penyaluran air sehingga dalam pemilihannya lebih ekonomis.
2. Terjadi pengeceran air buangan oleh air hujan sehingga konsentrasi air buangan menurun.

Kerugiaan :

Diperlukan areal yang luas untuk menempatan instalasi tambahan untuk penanggulangan di saat-saat tertentu.

4.3.3. SISTEM KOMBINASI (PSCUDO SEPARATE SYSYEM)

Merupakan perpaduan antara saluran air buangan dan saluran air hujan dimana pada waktu musim hujan air buangan dan air hujan tercampur dalam saluran air buangan, sedangkan air hujan berfungsi sebagai pengecer dan penggelontor. Kedua saluran ini tidak bersatu tetapi dihubungkan dengan sistem perpipaan interseptor.

Beberapa faktor yang dapat digunakan dalam menentukan pemilihan sistem adalah :

1. Perbedaan yang besar antara kuantitas air buangan yang akan disalurkan melalui jaringan penyalur air buangan dan kuantitas curah hujan pada daerah pelayanan.
2. Umumnya di dalam kota dilalui sungai-sungai dimana air hujan secepatnya dibuang ke dalam sungai-sungai tersebut.
3. Periode musim kemarau dan musin hujan yang lama dan fluktuasi air hujan yang tidak tetap.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan diatas, maka secara teknis dan ekonomis sistem yang memungkinkan untuk diterapkan adalah sistem terpisah antara air buangan rumah tangga dengan air buangan yang berasal dari air hujan.

Jadi air buangan yang akan diolah dalam bangunan pengelohan air buangan hanya berasal dari aktivitas penduduk dan industri.

4.4. DISKRIPSI LINGKUNGAN FISIK DALAM SISTEM DRAINASE

Dalam perencanaan tata letak jaringan drainase, diskripsi lingkungan fisik merupakan informasi yang sangat penting. Penempatan saluran, bangunan dan jumlah kerapatan fasilitas tersebut akan sangat dipengaruhi oleh kondisi daerah tersebut akan sangat dipengaruhi oleh kondisi daerah rencana. Dalam kaitan ini, seorang perencana dituntut untuk selalu peka dalam menginterpretasikan data yang tersedia baik berupa data sekunder yang berupa peta dasar dan fenomena banjir yang pernah terjadi, maupun pola aliran alam yang ada. Dimana informasi tentang pola aliran alam ini juga bisa diperoleh dari observasi langsung di lapangan saat terjadi hujan (banjir).

Diskripsi lingkungan fisik yang dianggap penting diketahui sesuai jenisnya dapat diuraikan sebagai berikut :

1. **Tata Guna Lahan**

   Merupakan peta yang dapat menggambarkan tentang pola penggunaan lahan didaerah rencana. Pola penggunaan lahan yang dimaksud harus mencakup tentang kondisi eksisting maupun rencana pengembangan di masa mendatang. informasi tersebut diperlukan untuk menentukan lingkup sistem drainase yang diperlukan dan untuk merencakan drainase yang tingkatnya sesuai dengan kategori tata guna tanah dari daerah yang bersangkutan.

2. **Prasarana lain**

   Informasi tentang prasarana lain yang dimaksud meliputi jaringan jalan, air minum. listrik, jaringan telepon dan jaringan lain yang diperkirakan dapat menyebabkan bottle leck. Ini dimaksudkan sebagai pertimbangan dalam menentukan trase saluran dan untuk mengindentifikasi jenis bangunan penunjang yang diperlukan.

3. **Topografi**

   Informasi yang diperlukan untuk menentukan arah penyaluran/pematusan dan batas wilayah tadahnya. Pemetaan kontur di suatu daerah urban perlu dilakukan pada skala 1:5000 atau 1:10.000 dengan beda kontur 0.5 meter di daerah datar, dan beda kontur 1 meter pada daerah curam. Pemetaan tersebut perlu mengacu pada suatu datum survai yang dikenal. Pemetaan kontur dengan skala 1:50.000 atau 100.000 juga mungkin diperlukan untuk

menentukan luas DAS (Daerah Aliran Sungai) di hulu kota, suatu beda kontur 25 meter biasanya cukup bagi keperluan agar efek dari jalan, saluran dan penghalang aliran banjir lainnya dapat diperkirakan.

4. **Pola Aliran Alam**

Informasi tentang pola aliran alam diperlukan untuk mendapatkan gambaran tentang kecenderungan pola letak dan arah aliran alam yang terjadi sesuai kondisi lahan daerah rencana. Secara tidak langsung sebenarnya informasi ini dapat diinterpretasikan dari peta topografi dengan cara mengidentifikasi bagian lembah dan punggung. Dimana pola aliran buangan alam cenderung mengarah pada bagian lembah. Namun untuk dapat memperoleh hasil informasi yang lebih akurat, observasi lapangan kerja diperlukan. Agar pekerjaan observasi lebih efisien, hendaknya diidentifikasi terlebih dahulu daerah-daerah yang akan disurvai melalui informasi yang tersedia (data sekunder).

5. **Pola aliran pada daerah pembuangan**

Daerah pembuangan yang dimaksud adalah tempat pembuangan kelebihan air dari lahan yang di rencanakan (misal : sungai, laut, danau dan lain-lain). Informasi ini sangat penting terutama berkaitan dengan penempatan fasilitas outletnya. Elevasi fasilitas outlet harus ditetapkan di atas muka maksimum daerah pembuangan, sehingga gejala terjadinya muka air balik (back water) pada rencana saluran drainase dapat dihindari.

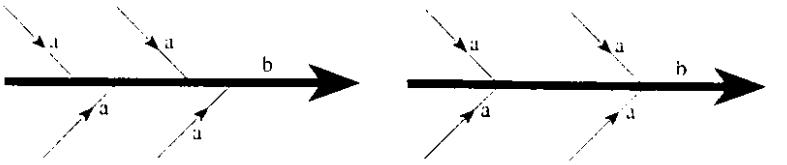
4.5. TATA LETAK

4.5.1 ALTERNATIF TATA LETAK SALURAN DRAINASE

Beberapa contoh model tata letak saluran yang dapat diterapkan dalam perencanaan jaringan irigasi meliputi :

1. **Pola Alamiah**

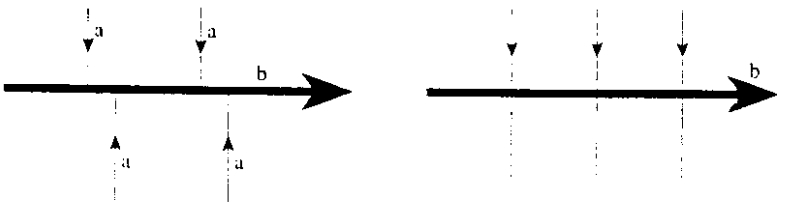
Letak conveyor drain (b) ada dibagian terendah (lembah) dari suatu daerah (alam) yang secara efektif berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada (collector drain), dimana collector maupun conveyor drain merupakan saluran alamiah.



a = Collector drain
b = Conveyor drain

2. Pola Siku

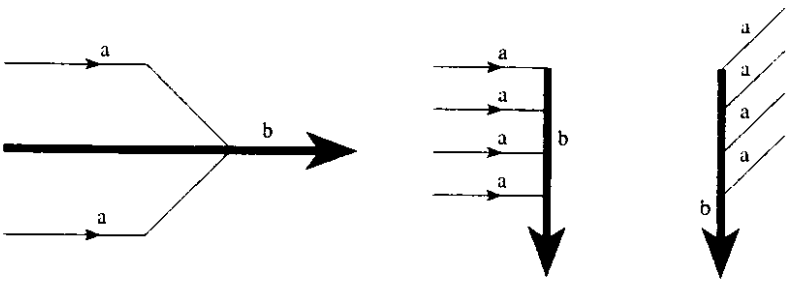
Conveyor drain (b) terletak di lembah dan merupakan saluran alamiah, sedangkan conveyor drain dibuat tegak lurus dari conveyor drain.



a = Collector drain
b = Conveyor drain

3. Pola Paralel

Colector drain yang menampung debit dari sungai-sungai yang lebih kecil, dibuat sejajar satu sama lain dan kemudian masuk ke dalam conveyor drain.

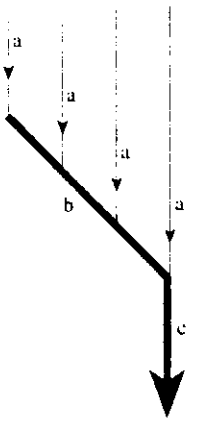


a = Collector drain
b = Conveyor drain

4. Pola "Grid Iron"

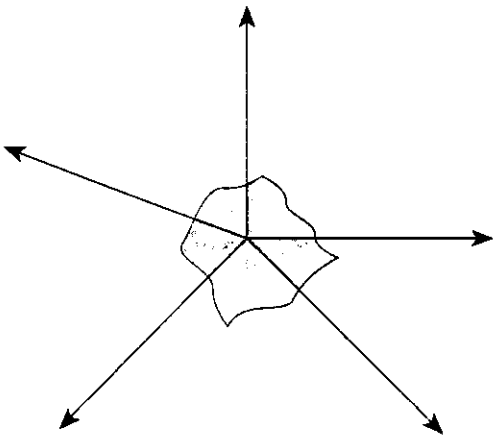
Beberapa interceptor drain dibuat satu sama lain sejajar, kemudian ditampung di collector drain untuk selanjutnya masuk ke dalam conveyor drain.

a = Interceptor drain
b = Collector drain
c = Conveyor drain



5. Pola Radial

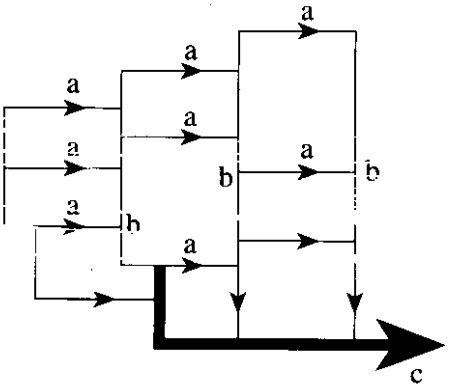
Suatu daerah genangan dikeringkan melalui beberapa collector drain dari satu titik menyebar ke segala arah (sesuai dengan kondisi topografi daerah)



6. Pola Jaring-jaring

Untuk mencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lainnya, maka dapat dibuat beberapa interceptor drain (a) yang kemudian ditampung ke dalam saluran collector (b) dan selanjutnya dialirkan menuju saluran conveyor.

a = Interceptor drain
b = Collector drain
c = Conveyor drain



4.5.2 SUSUNAN DAN FUNGSI SALURAN DALAM JARINGAN DRAINASE

Dalam pengertian jaringan drainase, maka sesuai dengan fungsi dan sistem kerjanya, jenis saluran dapat dibedakan menjadi :

* **Interceptor drain**

Saluran interceptor adalah saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain dibawahnya. Saluran ini biasa dibangun dan diletakkan pada bagian yang relatif sejajar dengan garis kontur. Outlet dari saluran ini biasanya terdapat di saluran collector atau conveyor, atau langsung di natural drainege (drainase alam).

* **Collector drain**

Saluran collector adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya akan dibuang ke saluran conveyor (pembawa).

* **Conveyor drain**

Saluran conveyor adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus mambahayakan daerah yang dilalui.

Letak saluran conveyor di bagian terendah lembah dari suatu daerah, sehingga secara efektif dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada.

Sebagai contoh adalah saluran banjir kanal atau sudetan-sudetan atau saluran by-pass yang bekerja secara khusus hanya mengalirkan air secara cepat sampai ke lokasi pembuangan.
Dalam pengertian yang lain, saluran ini berbeda dengan "sun surface drainege" atau drainase bawah tanah. Dalam hal ini yang terakhir ini masuknya air melalui resapan tanah secara gravitasi masuk ke dalam lubang-lubang yang terdapat pada saluran drainase yang ditanam di dalam tanah.

Dalam kenyataan dapat terjadi suatu saluran bekerja sekaligus untuk kedua atau bahkan betiga jenis fungsi tersebut.

4.5.3. PROSEDUR PERANCANGAN TATA LETAK SISTEM JARINGAN DRAINASE

Untuk menjamin berfungsinya suatu sistem jaringan drainase perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. **Pola arah aliran**

   Dengan melihat peta topografi kita dapat menentukan arah aliran yang merupakan natural drainage system yang terbentuk secara alamiah, dan dapat mengetahui toleransi lamanya genangan dari daerah rencana.

2. **Situasi dan kondisi fisik kota**

   Informasi situasi dan kondisi fisik kota baik yang ada (eksisting) maupun yang sedang direncanakan perlu diketahui, antara lain :

   a. Sistem jaringan yang ada (drainase, irigasi, air minum, telephon, listrik,dsb).

b. Bottle neck yang mungkin ada
c. Batas-batas daerah pemilikan
d. Letak dan jumlah prasarana yang ada
e. Tingkat kebutuhan drainase yang diperlukan
f. Gambaran prioritas daerah secara garis besar

Semua hal tersebut di atas dimaksudkan agar dalam penyusunan tata letak sistem jaringan drainase tidak terjadi pertentangan kepentingan (conflict of interest)

Dan pada akhirnya dalam menentukan tata letak dari jaringan drainase bertujuan untuk mencapai sasaran sebagai berikut :

a. Sistem jaringan drainase dapat berfungsi sesuai tujuan (sasaran).
b. Menekan dampak lingkungan (negatif) sekecil mungkin.
c. Dapat bertahan lama (awet) ditinjau dari segi konstruksi dan fungsinya.
d. Biaya pembangunan serendah mungkin.

4.6. BANGUNAN PENUNJANG

Untuk menjamin berfungsinya saluran drainase secara baik maka diperlukan bangunan-bangunan pelengkap ditempat-tempat tertentu. Jenis bangunan pelengkap yang dimaksud meliputi :

1. Bangunan silang, misal ; gorong - gorong
2. Bangunan pemecah energi, misal ; bangunan terjun dan saluran curam.
3. Bangunan pengaman erosi, misal ; ground sill/levelling structure.
4. Bangunan inlet, misal ; "grill samping/datar.
5. Bangunan outlet, misal ; kolam loncat air
6. Bangunan pintu air, misal ; pintu geser, pintu atomatis.
7. Bangunan rumah pompa
8. Bangunan kolam tandum/pengumpul.
9. Bangunan lobang kontrol/"man hole"
10. Bangunan instalasi pengolah limbah.
11. Peralatan penunjang, berupa ; AWLR, ORR, Stasiun meteorologi, detektor kualitas air.
12. Dan lain sebagainya.

Semua bangunan tersebut diatas tidak selalu harus ada pada setiap jaringan drainase. Keberadaanya tergantung pada kebutuhan setempat yang biasanya dipengaruhi oleh fungsi saluran, kondisi lingkungan dan tuntutan akan kesempurnaan jaringannya.

LATIHAN :

1. Periksa gambar dibawah ini !
   Anggap saluran drainase (garis putus-putus) tidak ada !

   Pertanyaan :
   a. Pertimbangan apa, menurut saudara dalam menentukan / merencanakan tata letak (layout) jaringan drainase ?
   b. Atas dasar pertimbangan yang saudara tentukan, rencanakan tata letak (layout) jaringan drainase yang dianggap baik dan efisien !

2. Periksa gambar yang sama (soal no. 1) !
   Anggap saluran drainase (garis putus-putus) telah ada !

   Pertayaan :
   a. Tentukan arah aliran pada saluran drainase tersebut !
   b. Manurut saudara, benarkah rencana tata letak (layout) tersebut ? Bila salah, tunjukkan bagian yang salah dan berikan solusinya !

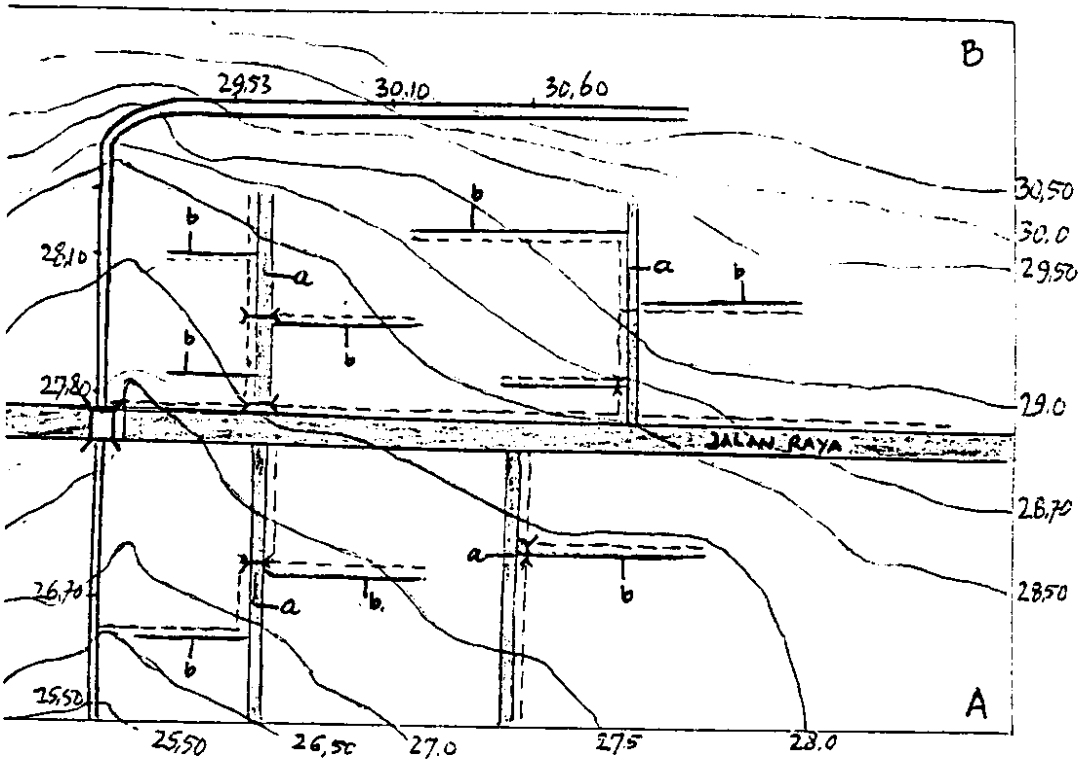
3. Masih berhubungan dengan gambar yang sama.

   Anggapan : Daerah rencana terbagi atas 2 bagian, bagian A merupakan daerah eksisting dan bagian B merupakan daerah yang direncanakan.

   Bila saluran drainase di jalan raya merupakan daerah eksisting yang direncanakan hanya dengan mempertimbangkan pembebanan dari daerah A, dan lay out saluran drainase daerah rencana (B) telah ditetapkan seperti tergambar (sesuai soal no. 2).

   Pertanyaan :

   * Fenomena apa yang akan terjadi terutama pada saluran di jalan raya ?
   * Bila pada saluran tersebut terjadi masalah, tentukan 2 cara yang spesifik untuk mengatasinya !



KETERANGAN GAMBAR :

: **Jalan Raya**

: **Rencana Jaringan Drainase**

: **Saluran Conveyor Drainase**

: **Jalan Monian**

: **Jalan Arteri**

Bab 5
Langkah Perancangan

5.1. DATA PERANCANGAN

Untuk memulai suatu perencanaan sistim drainase, perlu dikumpulkan data penunjang agar hasil perencanaan dapat dipertanggung-jawabkan.
Data yang diperoleh dari sumbernya, atau dikumpulkan langsung di lapangan dengan melakukan pengukuran/penyelidikan. Jenis data dan sumbernya akan diuraikan berikut ini.

a. Data permasalahan

Setiap usaha manusia akan didasarkan oleh suatu alasan yang mendorong untuk bertindak. Apabila diinginkan suatu perencanaan drainase, harus diketahui pula alasannya. Pertimbangannya adalah laporan mengenai terjadinya permasalahan genangan atau banjir. Laporan tersebut tidak cukup apabila tidak didukung data yang lebih lengkap. Data genangan yang perlu diketahui meluputi antara lain :

- **Lokasi genangan**

  Sebutkan secara rinci dari nama Kota, Kecamatan, Kelurahan, Rw dan bila perlu disampai RT, sehingga diperoleh gambaran berupa luas genangan tersebut.

  Lokasi yang akurat juga akan memberikan informasi tentang sifat-sifat hidrolik bawaan (hydraulic regime) daerah tersebut.

- **Lama genangan**

  Cari informasi ke penduduk yang mengalami kejadian tersebut mengenai berapa lama genagan terjadi dan berapa seringnya.
  Contoh : Tiap tahun rata-rata 2 hari tergenang.

- **Tinggi genangan**

  Disamping lama dan frekuensi genangan, ditanyakan pula berapa tinggi genangan untuk mengetahui tingkat kerugian.
  Contoh : Genangan setinggi 3 m meskipun terjadi dalam waktu kurang dari 0.5 jam akan memberikan kerugian yang besar dibandingkan genangan 0,10 m selama 2 hari.

- **Besarnya kerugian**

  Dicatat pula berapa kerugian baik kerugian harta benda maupun korban manusia.

  Contoh : Korban manusia meninggal 1 orang, masuk rumah sakit 5 orang selama rata-rata 3 hari, kerugian material berupa rusaknya perabot rumah tangga diperkirakan Rp. 100 juta.

b. Data Topografi

Peta topografi dalam skala besar (1 : 25.000 atau 1 : 50.000) umumnya sudah tersedia di Badan Koordinasi Survay dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) di Bogor. Namun peta dalam skala kecil seringkali masih diperlukan, misalkan dalam skala 1 : 1.000 atau 1 : 2000. Peta skala kecil diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan seluas wilayah yang diperlukan. Hasil pengukuran dituangkan dalam peta yang dilengkapi garis kontur. Garis kontur digambarkan dengan beda tinggi 0,5 m untuk lahan yang sangat datar atau 1 m untuk lahan datar.

Dalam pengukuran tersebut dilakukan pula pengukuran sampai ke alur buangan (sungai) terdekat berikut elevasi muka air pada saat banjir. Apabila pengukuran dilakukan pada musin kemarau, elevasi banjir tersebut dapat ditanyakan pada penduduk yang bermukim didekatnya.

c. Data Tata Guna Lahan

Data tata guna lahan ada kaitannya dengan besarnya aliran permukaan. Aliran permukaan ini menjadi besaran aliran drainase. Besarnya aliran permukaan tergantung dari banyaknya air hujan yang mengalir setelah dikurangi banyaknya air hujan yang meresap. Betapa besarnya air yang meresap tergantung pula pada tingkat kerapatan permukaan tanah, dan ini berkaitan dengan penggunaan lahan. Penggunaan lahan bisa dikelompokkan

dalam berapa besar koenfisien larian. Yang dimaksud dengan koefisien larian adalah persentase besarnya air yang mengalir.

Contoh : Jalan Beton akan mengalirkan seluruh air hujan yang jatuh diatasnya, atau koefisien lariannya adalah sama dengan 1. Lahan berpasir akan menyerap sebagaian besar air yang jatuh diatasnya atau koefisein lariannya dapat diperkirakan kurang lebih 0,1.

d. Jenis Tanah

Tiap daerah mempunyai jenis tanah yang berbeda. Jenis tanah disuati daerah dapat berupa tanah lempung, berpasir, kapur atau lainnya.

Tujuan dari pengetahuan tentang jenis tanah adalah untuk menentukan kemampuan menyerap air.

e. Master Plan

Agar pembangunan dapat berkembang secara terarah, diperlukan suatu master plan, demikian pula halnya dalam perencanaan sistem drainase adalah sistem yang melayani kebutuhan kota akan saluran buangan. Dengan demikian master plan drainase haruslah mengacu pada master plan kota, Master plan kota dapat diperoleh dari Pemerintah Daerah setempat.

Dari data tersebut dapat diketahui arah perkembangan kota sehingga perencanaan sistim drainasi tinggal mengikuti saja.

f. Data prasarana dan Utilitas

Prasarana dan utilitas kota lainya, disamping sistim jaringan drainase adalah antara lain jalan raya, pipa air minum, pipa gas, kabel listrik, tilpon dan lain sebagainya.

Dengan diketahuinya prasarana dan utilitas yang sudah ada, perencanaan jaringan drainase dapat menyesuaikan agar tidak menimbulkan permasalahan baru.

Contoh : Jangan sampai membuat saluran drainase di jalur yang terdapat kabel tilpon atau di jalur yang ada tiang listriknya

g. Biaya

Berbeda dengan jalan tol, yang bisa menghasilkan keuntungan setelah jadi, jaringan drainase tidak memberikan keuntungan langsung. Olah karena itu tidak ada investor yang mau menanamkan modalnya untuk proyek drainase. Meskipun drainase dirasakanb pelu bagi masyarakat, tetapi untuk membangun sendiri-sendiri rasanya tidak mungkin. Jadi Pemerintahlah yang

menyediakan biaya untuk membangun saluran drainase. Dana bisa diperoleh dari loan luar negeri maupun dana APBN yang dianggarkan tiap tahun. Bila informasi tersebut dapat diperoleh, maka perencanaan drainase harus mengikuti ketersediaan dana, bila perlu dengan menentukan prioritas atau melakukan pentahapan.

h. Data Kependudukan

Data kependudukan bisa diperoleh dari Biro Statistik. Satu seri data selama beberapa tahun terakhir bermamfaat untuk memperkirakan perkembangan atau pertumbuhan penduduk beberapa tahun mendatang sesuai dengan jangka waktu perencanaan. Selain jumlah, lokasi dari penduduk juga diperlukan. Data ini dimaksudkan untuk menghitung banyaknya air buangan, dalam mendimensi saluran disaat musim kemarau.

i. Kelembagaan

Yang dimaksud kelembagaan adalah instansi Pemerintah yang terkait dengan sistim drainase, khususnya pada saat pemeliharaan dan pengorperasian, bila ada. Yang perlu ditanyakan adalah berapa orang personil yang saat ini ditugaskan untuk menangani masalah drainase. Dari jumlah tersebut bagaimana tingkat pendidikannya, apa jabatannya, bagaimana posisinya pada struktur organisasi yang ada. Apa tujuan semua itu ?

Dengan hasil perencanaan sistim drainase, apabila telah dilaksanakan, diperlukan suatu organisasi yang menangani baik dalam mengelola, mengoperasian dan memelihara. Dari personil yang sudah ada, masih diperlukan berapa lagi. Ini perlu disampaikan kepada instansi terkait, agar sudah dipersiapkan baik dalam kebutuhan personil, ruang kerja, peralatan dan biaya operasinya.

j. Peraturan

Peraturan-peraturan yang diperlukan adalan semua peraturan yang berkaitan dengan drainase perkotaan, yang sudah ada di daerah tersebut, misalnya Perda tentang saluran drainase, sampah dsbnya. Kemudian ditinjau lagi apakah peraturan yang sudah ada cukup memadai dengan sistim jaringan drainase yang akan direncanakan.

k. Aspirasi Pemerintah dan Peran serta Masyarakat.

Dengan mengetahui aspirasi pemerintah daerah, antara lain berdiskusi dengan instansi terkait dan Pemda, perencanaan drainase akan lebih terarah dan mencapai sasaran.

Peran serta masyarakat dapat diperoleh dengan mengadakan dialog dengan masyarakat yang menderita akibat genangan, khususnya dengan tokoh-tokoh masyarakat atau yang mewakili kepentingan masyarakat. Dengan berdialog dan mengajak mereka untuk ikut memikirkan jalan keluar mengatasi masalah yang ada, akan menumbuhkan rasa ikut memiliki apabila jaringan drainase telah dilaksanankan. dengan demikian mereka dapat dengan mudah diajak untuk memelihara atau minimal menjaga.

l. Data Sosial Ekonomi

Data sosial ekonomi dapat diperoleh dari Biro Statistik atau Kantor Kelurahan. Tujuan mengetahui kondisi sosial ekonomi masyarakat adalah untuk menghindari timbulnya masalah-masalah sosial apabila saluran drainase atau bangunan-bangunannya akan dibangun dikemudian hari.

Contoh : Hindari menempatkan saluran induk ditengah-tengah daerah padat penduduk, yang mengakibatkan terjadinya penggusuran dalam jumlah yang besar.

m. Kesehatan lingkungan Pemukiman

Masalah ini perlu dipertimbangkan dalam perencanaan. Tujuan membangun sistim drainase adalah meningkatkan kesehatan lingkungan, jangan sampai yang terjadi adalah sebaliknya.

Misalnya suatu wilayah yang semula bagus, menjadi tidak sehat lagi.

Contoh : Dengan dibangunnya saluran drainase, pada musim kemarau menimbulkan bau yang tidak enak, atau saluran drainase meningkatkan populasi nyamuk.

n. Banjir Kiriman

Perlu dikaji adanya kemungkinan banjir kiriman dari daerah hulu. Bila ada, perlu diantisipasi dalam perencanaan, atau dikoordinasikan dengan instansi lain yang menangani masalah tersebut.

o. Peta Situasi dan Pengukuran Jalur Saluran

Untuk perencanaan detail, yaitu penempatan saluran-saluran kwarter dan tersair diperlukan peta situasi dalam skala besar, misalkan 1 : 1.000. Pada peta sudah digambarkan rumah-rumah dan jalan serta kenampakan-kenampakan lain yang penting.

Setelah jalur saluran ditentukan, dilakukan lagi pengukuran jalur saluran baik dalam arah memanjang maupun dalam arah melintang. Arah melintang

dilakukan tiap jarak 50 m dengan batas pengukuran kekiri dan kekanan sejauh yang diperlukan.

p. Data Tanah

Bila diatas telah diuraikan tentang kebutuhan data jenis tanah, disini diperlukan data tanah dari segi kekuatannya.

Data tanah yang dipelukan khususnya pada rencana bangunan-bangunan yang besar, misalnya jembatan.

Jenis penyelidikan tergantung dari besar kecilnya bangunan. Bila bangunan tidak terlalu besar, jenis penyeledikan cukup dengan sondir dan bor tangan, tetapi bila bangunan cukup besar, selain sondir diperlukan pula pemboran mesin dan dilakukan pengambilan sampel tanah untuk kemudian diuji di laboratorium.

q. Data Hujan

Data hujan diperoleh dari Dinas Meterorologi & Geofisika atau stasiun pengamat hujan lainnya, misalkan milik Puslitbang Pengairan.

Yang perlu dikumpulkan minimal data curah hujan harian selama 10 tahun atau lebih. Data ini diperlukan untuk menghitung debit rencana (lihat bagian hidrologi)

r. Data Bahan Bangunan

Cari informasi bahan bangunan yang mudah diperoleh dan murah untuk kepentingan pemilihan jenis bangunan pada desain saluran dan bangunan.

5.2. KRITERIA PERANCANGAN.

Kriteria perancangan adalah suatu kriteria yang dipakai Perancang sebagai pedoman untuk merancang. Perancang diharapkan mampu menggunakan kriteria secara tepat dengan membandingkan kondisi sebenarnya dengan parameter yang tertulis dalam kriteria di bawah ini. Nilai-nilai yang digunakan dalam kriteria diambil dari hasil penelitian terdahulu yang kemudian dikelompokkan dalam parameter yang umum.

Contoh :

- Koefisien pengaliran (run off coefisient)
  Makin kedap permukaan tanah, maka makin tinggi koefisien pengaliran, (lantai beton lebih kedap air dari pada permukaan tanah).
- Koefisien Kekasaran Manning.
  Makin halus permukaan , makin kecil nilai koenfisien Manning (Beton lebih halus dari tanah).
- Kemiringan Tebing Saluran.
  Makin kaku (stiff) tanah, tebing saluran bisa lebih tegak. (cadas lebih kaku dari pada tanah berpasir).

Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengalirkan genangan air sesaat yang terjadi pada saat musin hujan serta dapat mengalirkan air kotor hasil buangan dari rumah tangga.

Kelebihan air atau genangan air sesaat terjadi karena keseimbangan air pada daerah tsb terganggu. Yang disebabkan oleh air yang masuk dalam daerah tersebut lebih besar dari air keluar.

Pada daerah perkotaan, kelebihan air ini terjadi biasanya dikarenakan oleh kelebihan air hujan.

Kapasitas infiltrasi pada daerah perkotaan sangat kecil sehingga menyebabkan terjadinya limpasan air sesaat setelah hujan turun. Sehingga demensi diperlukan untuk membuang kelebihan air hujan yang terjadi, dimana air hujan dapat menimbulkan bahaya pada daerah perkotaan tersebut.

Dalam perancangan saluran drainase, akan digunakan dasar-dasar perancangan saluran tahan erosi. Yaitu saluran yang mampu menahan erosi dengan memuaskan, yang mana dengan mengatur kecepatannya maupun dengan menggunakan dinding dan dasarnya diberi lapisan yang berguna baik untuk menahan erosi maupun mengontrol kehilangan rembesan.

5.2.1. ASPEK ALIRAN/TEKNIS

Faktor-faktor yang diperlukan dipertimbangkan untuk perancangan saluran tahan erosi adalah :

- Macam material yang membentuk tubuh saluran untuk menentukan koefisien kekasarannya.

- Kecepatan aliran minimum yang diijinkan agar tidak terjadi pengendapan apabila air mengandung lumpur dan sisa-sisa kotoran.
- Kemiringan dasar dan dinding saluran.
- Tampang yang paling efisien, baik hidrolis maupun empiris.

Dimensi saluran dihitung dengan menggunakan rumus-rumus untuk perhitungan aliran seragam (beraturan) dengan mempertimbangkan :
- Efisiensi hidrolis
- Kepraktisan
- Ekonomis

Beberapa kriteria perancangan dapat diuraikan berikut ini :

a. Koefisien Larian (run off)

Ketepatan dan menetapkan besarnya debit air yang harus dialirkan melalui saluran drainase pada daerah tertentu, sangatlah penting dalam penentuan dimensi saluran.

Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, namun bila terlalu kecil akan mempunyai tingkat ketidak berhasilan yang tinggi.

Menghitung besarnya debit rancangan drainase perkotaan umumnya dilakukan dengan memakai metode Rasional. Hal ini karena relatif luasan daerah aliran tidak terlalu luas, kehilangan air sedikir dan waktu konsentrasi relatif pendek.

Apabila luas daerah lebih kecil dari 0.80 km2, kapasitas pengaliran dihitung dengan metode Rasional, yaitu :

$$Q = f \cdot C \cdot I \cdot A$$

dimana :

Q = kapasitas pengaliran (m 3/dt)
f = faktor konversi sebesar 0,278
C = koefisien pengaliran
I = intensitas hujan pada periode ulang tertentu (mm/jam)
A = luas daerah pengaliran (km2).

Besarnya koefisien pengaliran dapat dilihat pada tebel berikut ini :

b. Bentuk-bentuk Saluran :

Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak terlampau jauh berbeda dengan saluran air irigasi pada umumnya.

Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dpat memperoleh dimensi tampang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berartui tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yan terlalu kecil, tingkat kerugian akan besar.

Bentuk saluran drainase terdiri dari :

1. Bentuk trapesium
2. Bentuk empat persegi panjang
3. Bentuk lingkaran, parabol dan bulat telor
4. Bentuk tersusun

Untuk lebih jelasnya bentuk-bentuk saluran drainase dapat dilihat pada gambar berikut :

Koenfisien Pengaliran (C)

Type Daerah Aliran	Harga C
– Perumputan :	
1. tanah pasir. datar 2%	0.05 - 0,10
2. tanah pasir. rata-rata 2-7 %	0.10 - 0.15
3. tanah pasir. curam. 7 %	0.15 - 0,20
4. tanah gemuk. datar. 2 %	0.13 - 0.17
5. tanah gemuk. rata-rata 2-7 %	0.18 - 0.22
6. tanah gemuk.curam. 7 %	0.25 - 0.35
– Busines :	
1. daerah kota lama	0.75 - 0.95
2. daerah pinggiran	0.50 - 0.70
– Perumahan :	
1. daerah "single family"	0.30 - 0.50
2. "multi units" terpisah-pisah	0.40 - 0.60
3. "multi unit" tertutup	0.60 - 0.75
4. "suburan"	0.25 - 0,40
5. daerah rumah-rumah apartemen	0.50 - 0,70
– Industri :	
1. daerah ringan	0.50 - 0.80
2. daerah berat	0.60 - 0,90

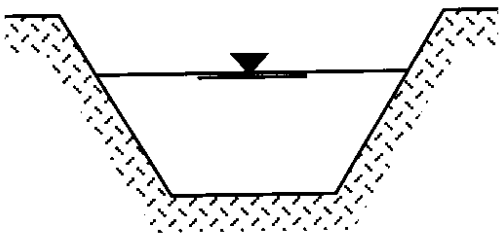
–	Pertamanan, kuburan.	0.10 -0,25
–	Tempat bermain	0,20 - 0,35
–	Halaman kereta api	0,20 - 0,40
–	Daerah yang tidak dikerjakan	0,10 - 0,30
–	Jalan :	
	1. beraspal	0,70 -0,95
	2. beton	0,80 - 0,95
	3. batu	0,70 - 0,85
–	Untuk berjalan dan naik kuda	0,75 - 0,85
–	Atap	0,75 - 0,95

Efektifitas penggunaan dariberbagai bentuktampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sbb. :

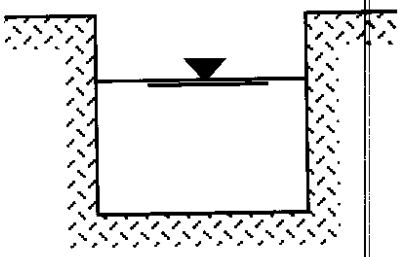
1. Bentuk Trapesium
   Saluran drainase bentuk trapesium pada umumnya saluran dari tanah. Tapi dimungkinkan juga bentuk ini dari pasangan. Saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

2. Bentuk Empat Persegi Panjang
   Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus dari pasangan ataupun beton.

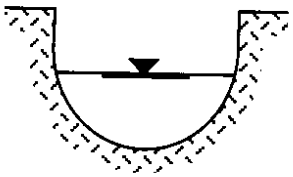
   Bentuk saluran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga, maupun air irigasi.



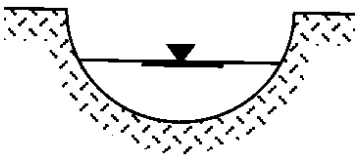
(1)



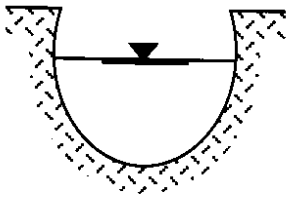
(2)



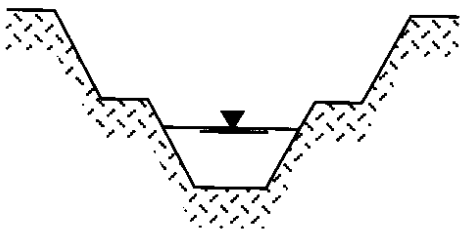
(3a)



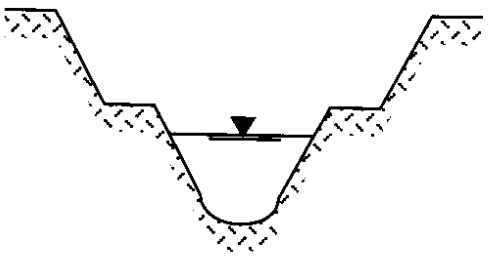
(3b)



(3c)



(4a)



(4b)

3. Bentuk Lingkaran, Parabol dan Bulat Telor
   Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangandan pipa beton. Dengan bentuk dasar saluran yang bulat memudahkan pengangkutan bahan endapan/limbah.

   Bentuk sakuran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga, amupun air irigasi.

4. Bentuk Tersusun
   Saluran bentuk tersusun dapat berupa saluran dari tanah maupun dari pasangan.
   Tampang saluran yang bawah berfungsi mengalirkan air rumah tangga pada kondisi tidak ada hujan, apabila terjadi hujan maka kelebihan air dapat ditampung apda saluran bagian atas. Tampang saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan dapat digunakan untuk saluran air hujan, saluran air rumah tangga ataupun saluran irigasi.

c. Macam Material

Lapisan dasar dan dinding saluran drainase tanah erosi bisa dibuat dari : beton, pasangan batu kali, pasangan batu merah, aspal, kayu, besi cor, baja, plastik dll.

Pilihan materialnya tergantung pada tersedianya serta harga bahan, cara konstruksi saluran.

Penampng melintang saluran drainase perkotaan, pada umumnya dipakai bentuk segi empat, karena dipandang lebih efisien didalam pembebasan tanahnya jika dibandingkan dengan bentuk trapesium.

Untuk keadaan tertentu bila dipakai bentuk trapesium maka besarnya kemiringan dinding saluran yang dianjurkan sesuai dengan jenis bahan yang membentuk bahan saluran, mengikuti tabel berikut.

Kemiringan dinding saluran sesuai bahan.

Bahan saluran	Kemiringan dinding (m)
– Batuan / cadas	~ 0
– Tanah lumpur	0,25
– Lempung keras/tanah	0,5 - 1
– Tanah dengan pasangan batuan	1
– Lempung	1,5
– Tanah berpasir lepas	2
– Lumpur berpasir	3

d. Kemiringan Saluran

Yang dimaksud kemiringan saluran adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dan dinding saluran.

Kemiringan dasar saluran disini adalah kemiringan dasar saluran arah memanjang dimana umumnya dipengaruhi oleh kondisi topografi, serta tinggi tekanan yang diperlukan untuk adanya pengaliran sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

Kemiringan dasar saluran maksimum yang diperbolehkan adalah 0,005 - 0,008 tergantung pada bahan saluran yang digunakan. Kemiringan yang lebih curam dari 0,002 bagi tanah lepas sampai dengan 0,005 untuk tanah padat akan menyebabkan erosi (Penggerusan).

e. Kecepatan minimum yang diijinkan.

Kecepatan minimum yang diijinkan, adalah kecepatan terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan dan tidak merangsang tumbuhnya tanaman aquatic serta lumut.

Pada umumnya dalam praktek, kecepatan sebesar 0,60 - 0,90 m/det. dapat digunakan dengan aman apabila prosentase lumpur yang ada di di air cukup kecil.

Kecepatan 0,75 m/det. bisa mencegah tumbuhnya tumbuh-tumbuhan yang dapat memperkecil daya angkut saluran.

f. Jagaan (Freeboard)

Yang dimaksud dengan jagaan atau freeboard dari suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai permukaan air pada kondisi perencanaan.

Jagaan direncanakan untuk dapat mencegah peluapan air akibat gelombang serta fluktuasi permukaan air, misalnya berupa gerakan-gerakan angin serta pasang surut.

Jagaan tersebut direncanakan antara kurang dari 5% sampai dengan 30% lebih dari dalamnya aliran.

g. Koefisien kekasaran Manning

Dari macam-macam jenis saluran, baik berupa saluran tanah maupun dengan pasangan, besarnya koefisien Manning dapat mengacu pada tabel berikut.

Koefisien kekasaran manning.

Type Saluran	Kondisi		
	baik	cukup	buruk
– Saluran buatan :			
1. Saluran tanah, lurus beraturan	0,020	0,023	0,25
2. Saluran tanah, digali biasanya	0,028	0,030	0,025
3. Saluran batuan, tidak lurus dan tidak beraturan	0,040	0,045	0,045
4. Saluran batuan, lurus beraturan	0,030	0,035	0,035
5. Saluran batuan, vegatasi pada sisinya	0,030	0,035	0,040
6. Dasar tanah, sisi batuan koral.	0,030	0,030	0,040

7. Saluran berliku-liku kecepatan rendah	0,025	0,028	0,030
– Saluran alam :			
1. Bersih, lurus. tetapi tanpa pasir dan tanpa celah.	0.028	0.030	0,033
2. Berliku, bersih , tetapi berpasir dan berlubang	0.035	0.040	0,045
3. Idem 3, tidak dalam, kurang beraturan	0.045	0.050	0, 065
4. Aliran lambat, banyak tanaman dan lubang dalam	0.060	0.070	0,080
5. Tumbuh tinggi dan padat	0.100	0,125	0,150
– Saluran dilapisi :			
1. Batu kosong tanpa adukan semen	0.030	0.033	0,035
2. Idem 1, dengan adukan semen	0.020	0.025	0,030
3. lapisan beton sangat halus	0.011	0.012	0,013
4. Lapisan beton biasa dengan tulangan baja	0.014	0.014	0,015
5. Idem 4, tetapi tulangan kayu	0.016	0,016	0,018

5.2.2 ASPEK BIAYA

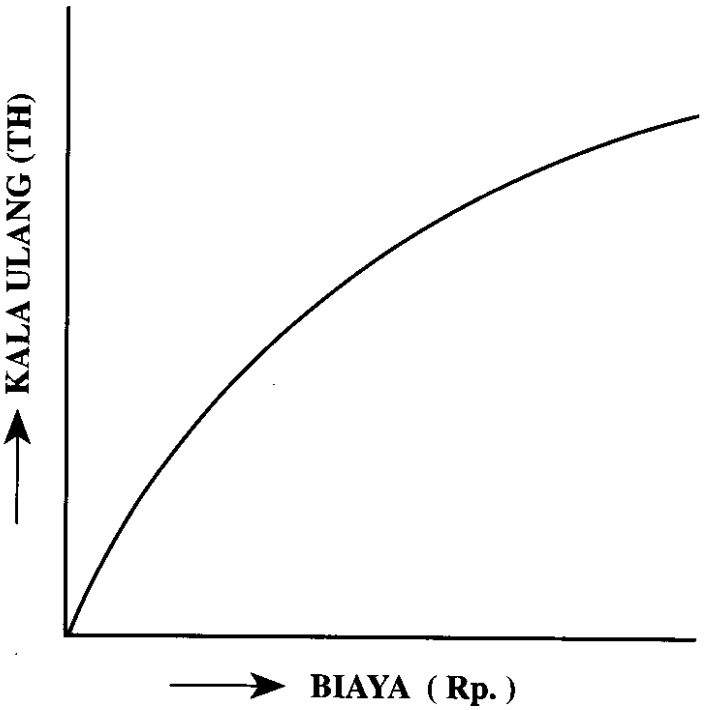
Disamping kriteria-kriteria yang disiapkan berdasarkan kondisi alam diatas, ada pula kriteria-kriteria yang dibuat berdasarkan kondisi batas yang lain.

Kondisi batas ini meliputi antara lain aspek biaya, sosial, lingkungan dan lain sebagainya. Salah satu kriteria yang mendasarkan pada aspek biaya (& mamfaat) adalah kala ulang untuk debit rencana yaitu sbb :

Besar kala ulang hujan untuk perencanaan sistem penyaluran air hujan.

Jenis Saluran	Tata Guna Tanah	Kala Ulang (th)
– Permulaan	Pemukiman	2
	Komersial	5
	Industri	5
– Utama	Saluran-saluran	25

Untuk memperjelas hubungan antara biaya dan manfaat dari pemilihan kala ulang dalam hubungannya dengan tata guna lahan dapat dilihat dalam grafik dibawah ini.



5.3. PERANCANGAN SALURAN

Sebelum merencanakan dimensi saluran, langkah pertama yang harus diketahui adalah berapa debit rencananya. Untuk menghitung debit rencana, perlu diketahui berapa luas daerah yang harus dikeringkan oleh saluran tersebut.

Berapa besar air yang dibuang berdasarkan tata guna lahan. Jadi langkah pertama adalah merencana tata letak. Tata letak direncana berdasarkan peta kota dan peta topografi. Tentukan letak saluran-saluran, kemudian hitung beban saluran-saluran tersebut, dari yang terkecil sampai ke saluran induk. Setelah besarnya debit untuk masing-masing saluran diketahui, barulah dilakukan perhitungan dimensi saluran.

Untuk merencanakan dimensi penampang pada saluran drainase digunakan pendekatan rumus-rumus aliran seragam.

Aliran seragam ini mempunyai sifat-sifat sbb :

a. Dalamnya aliran, luas penampang lintang aliran, kecepatan aliran serta debit selalu tetap pada setiap penampang lintang.

b. Garis energi dan dasar saluran selalu sejajar.

Bentuk penampang saluran drainase dapat merupakan saluran terbuka maupun saluran tertutup tergantung dari kondisi daerahnya. Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sangat sederhana tetapi memberikan hasil yang memuaskan, oleh karena itu rumus ini dapat luas penggunaannya sebagai rumus aliran seragam dalam perhitungan saluran.

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$
$$Q = A \cdot V = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Dimana :

V = kecepatan aliran (m/det)
n = angka kekasaran saluran
R = jari-jari hidrolis saluran (m)
S = kemiringan dasar saluran
Q = Debit saluran (m3 / det)
A = Luas penampang basah saluran (m2)

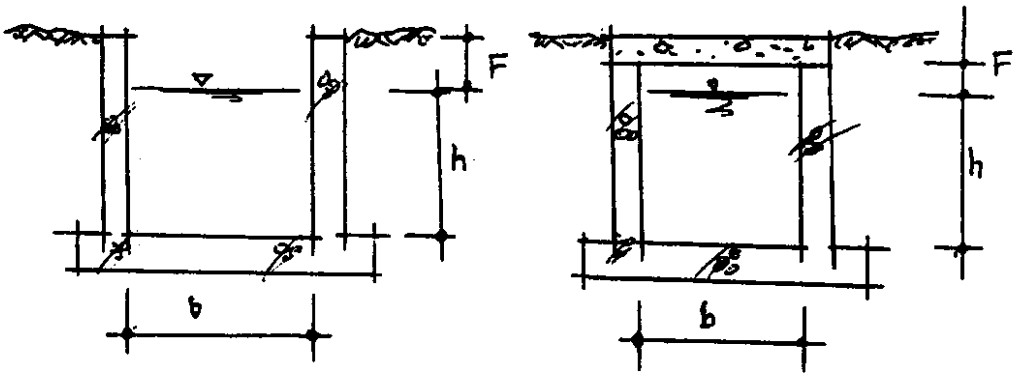
a. Penampang saluran segiempat.

1) Penampang saluran segi empat terbuka.

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$
$$Q = A / V = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

- Angka kekasaran (n) dapat ditentukan berdasarkan jenis bahan yang dipergunakan (lihat tabel di Bagian 5.2).
- Kemiringan tanah asli = kemiringan dasar saluran (S) dapat diketahui berdasarkan topografinya.
- Penampang segiempat berarti talud t = 1 : 1. m = 1, perbandingan lebar saluran (9b) dan tinggi air (h) = b/h = 1, sehingga b = h
- Luas penampang (A) = b x h = h^2
- Keliling basah (P) = b + 2 h = h + 2h = 3h.
- Jari-jari hidroulis (R) = A/P = h^2/3h = 0,333 h
- Kecepatan aliran V = 1/n . $R^{2/3}$. $S^{1/2}$ dapat dicari.

- Q = A. V ---------> tinggi saluran didapat.
- Tinggi jagaan = 25 % h
- Jadi tinggi saluran (H) = h = tinggi jagaan.



2) Penampang saluran segi empat tertutup.

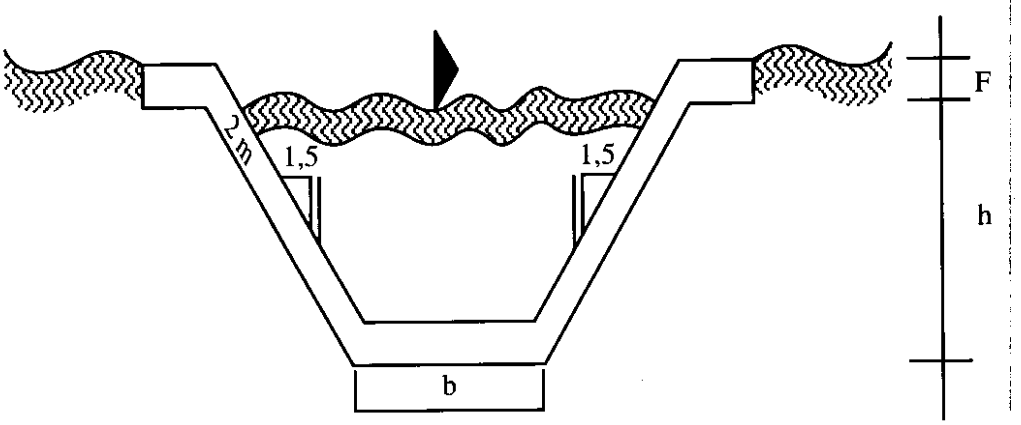
Perencanaan perhitungannya sama seperti pad perencanaan saluran drainase penampang segi empat terbuka. Dalam hal ini yang berbeda hanya Q rencana, kemiringannya sesuai dengan data hidrologi, topografi.

b. Penampang Saluran Trapesium.

V = 1/n . R2/3 . S1/2
Q = A . V, dimana Q = Q rencana.

- Angka kekasaran ditentukan berdasarkan jenis bahan yang dipergunakan (tasbel pada Bag.5.2).
- Kemiringan dasar seluruh (S) ditentukan berdasarkan data topografi (atau disebut S = 0,0006).
- Kemiringan dinding saluran = 1 : 1,5 (berdasarkan kriteria).
- Perbandingan lebar saluran (b) dan tinggi air (h) = b : h = 1 sehingga b=h
- Luas penampang (A) = (b+m h) h = (h+1,5 h) h + 2,5 h^2.
- Keliling basah (P) = b + 2 h V 1 + m^2
  = h + 2h V (1+$1,5^2$) = 4,606 h.
- Jari-jari hidrolis (R) = A / P = 2,5 h^2/4,606 h
  = 0,543 h
- Kecepatan aliran = 1/n . $R^{2/3}$. $S^{1/2}$ dapat ditentu
- Q = A . V, dimana Q = Q rencana telah didapat dalam perhitungan hidologi.

- Tinggi air (H) = dapat dicari
- Lebar dasar saluran = 1,5 x h
- Tinggi jagaan = 25 % h.
- Jadi tinggi saluran (H) = h + tinggi jagaan.



PERANCANGAN BANGUNAN

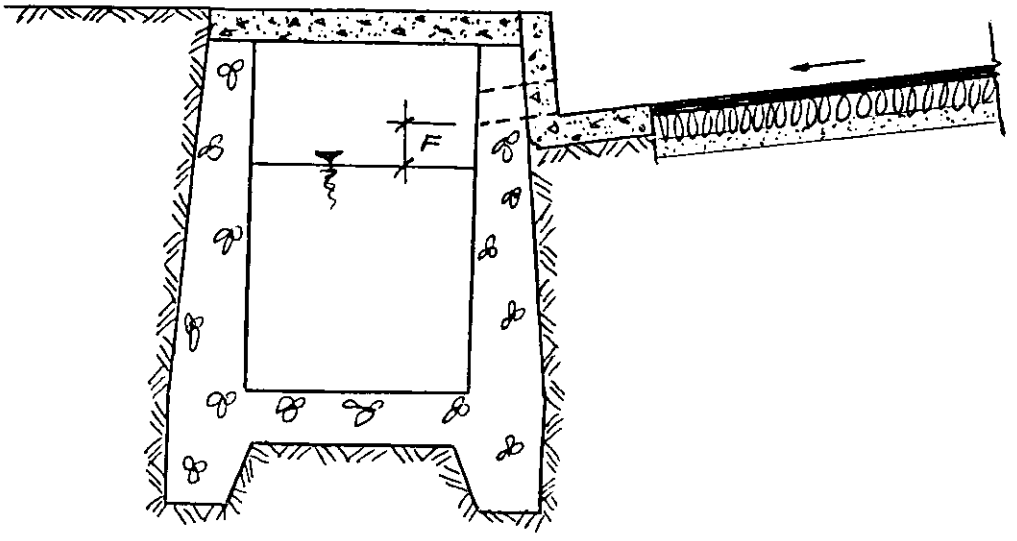
Dalam perancangan Drainase Perkotaan, diperlukan pula bermacam-macam Bangunan yang berfungsi sebagai sarana untuk :

- Memperlancar surutnya genangan yang mungkin timbul diatas permukaan jalan, karena Q hujan Q rencana.
- Memperlancar arus saluran.
- Mengamankan terhadap bahaya degradasi pasa dasar saluran.
- Mengatur saluran terhadap pasang surut, khususnya didaerah pantai.

Adapun bangunan-bangunan sebagaimana tersebut diatas adalah :

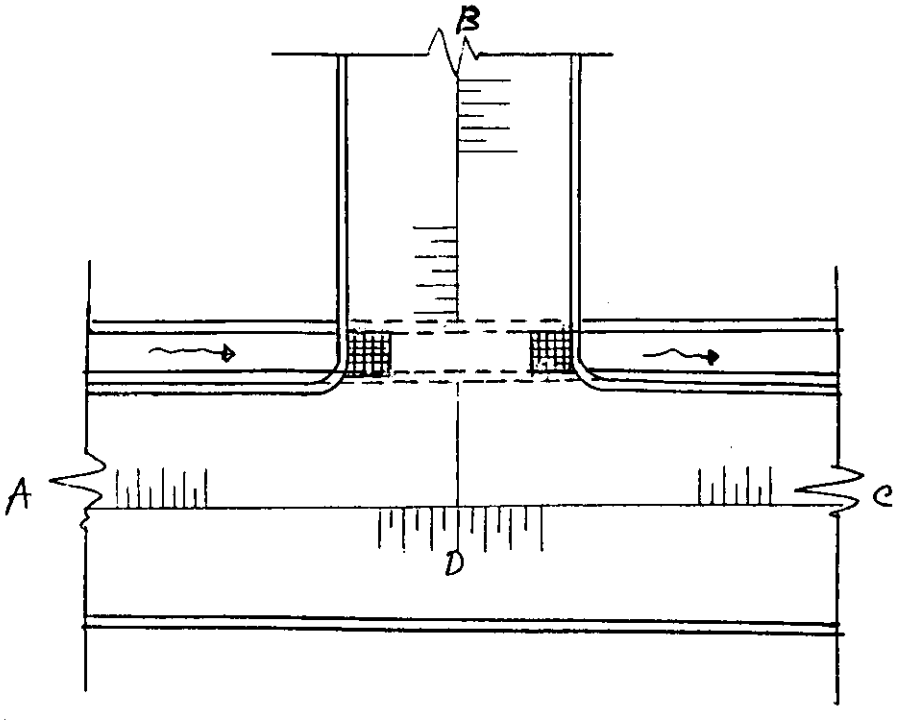
a. Inlet–tegak.

Bangunan Inlet–tegak ditempatkan pada jarak–jarak tertentu disepanjang tepi jalan (KERB) atau pada pertemuan Kerb diperempatan–jalan. Perlu diperhatikan bahwa tinggi Jagaan (F) minimal harus dipertahankan sehingga air dalam saluran tidak keluar lagi kepermukaan tepi jalan melewati Inlet–tegak tersebut.



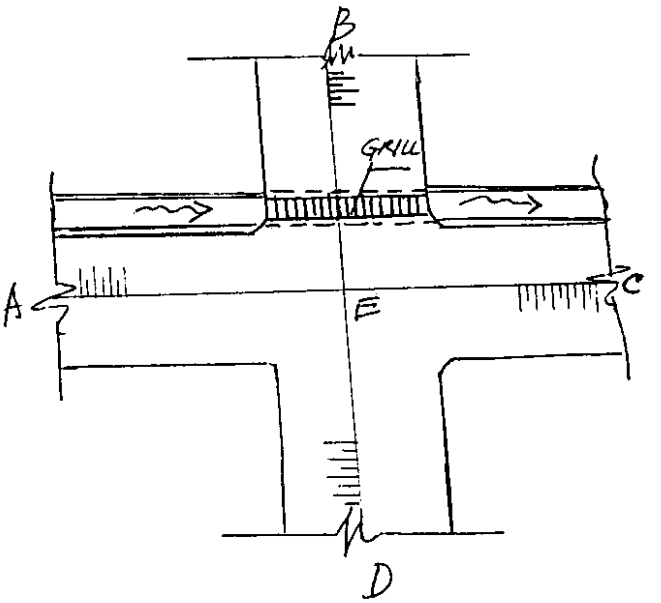
b. Inlet–datar.

Bangunan Inlet-datar ditempatkan pada pertigaan jalan, dimana pada arah melintang jalsn terdapat saluran. Perlu diperhatikan bahwa tinggi jagaan (F) minimal harus dipertahankan sehingga air dalam saluran tidak sampai meluap melalui Inlet–datar tersebut.

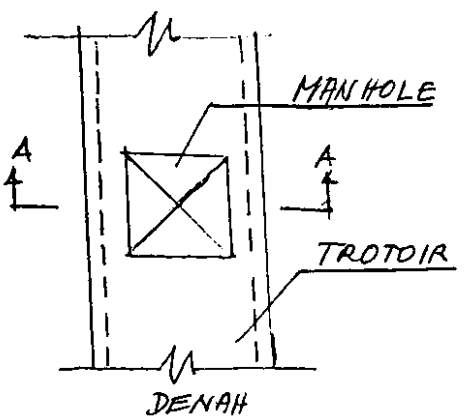


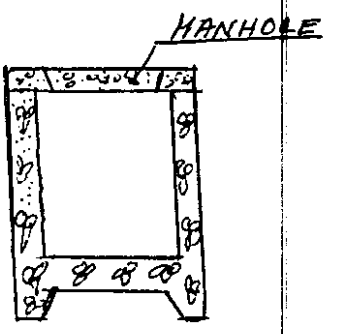
c. Grill.

Bangunan Grill ditempatkan pada perempatan melintang jalan, dimana dibawahnya terdapat saluran, yang berfungsi menerima air yang lewat Grill tersebut. Perlu diketahui penempatan Grill tersebut harus berada pada tempat yang terendah dari jalan yang menurun (BE). Persyaratan tinggi Jagaan minimum (F) juga harus dipertahankan. Kecuali itu permukaan atas dari Grill harus sama dengan permukaan jalan, sehingga nyaman bagi pengendara yang lewat.



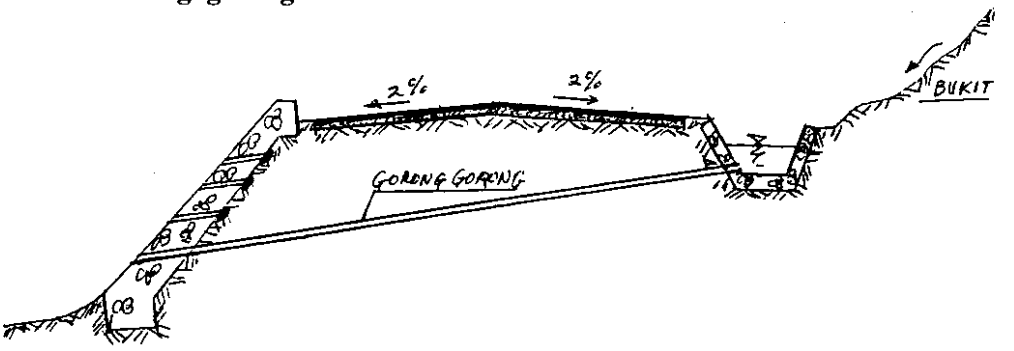
d. Manhole.





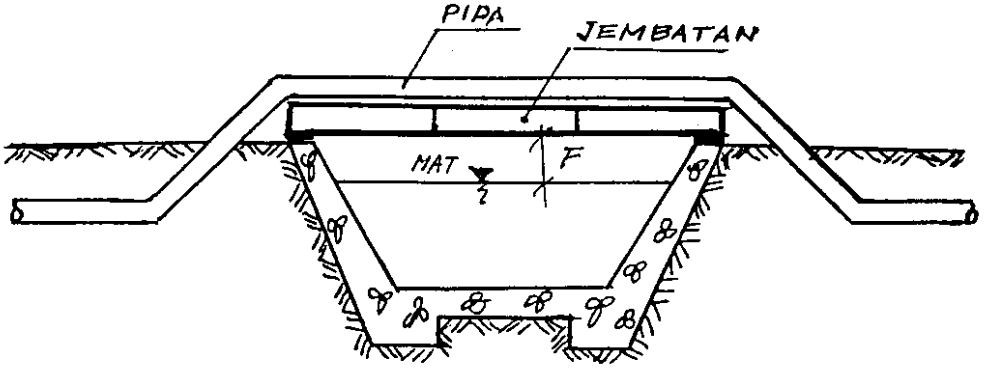
Bangunan Manhole diletakkan pada jarak-jarak tertentu disepanjang Trotoir. Perlu diperhatikan bahwa ukuran Monhole harus cukup untuk keluar masuk orang ke saluran, sehingga mudah dalam pemeliharaan saluran. Kecuali itu berat tutup Manhole juga harus dengan mudah diangkat maksimum oleh dua orang.

e. Gorong–gorong.



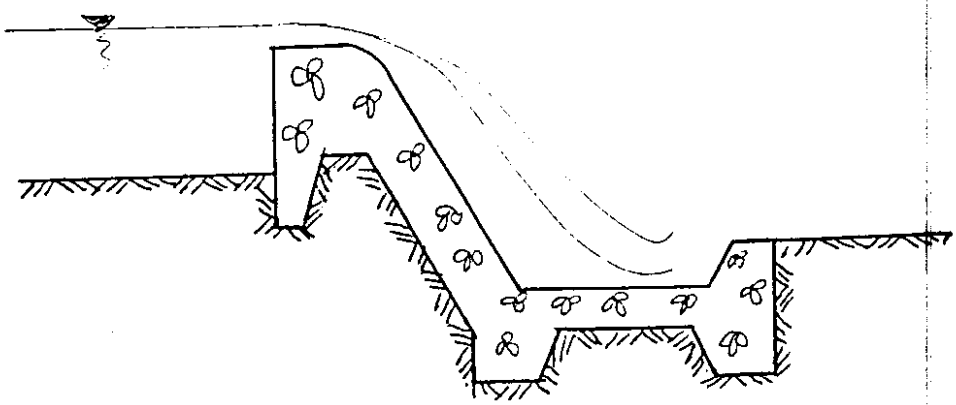
Bangunan Gorong-gorong biasanya dibuat untuk menghubungkan saluran dikaki bukit melintang jalan dibawahnya dan berakhir disisi bawah dari Bagunan Penahan Tanah yang mendukung struktur jalan tersebut. Perlu diperhatikan bahwa tinggi air (h) dari Gorong-gorong tinggi air (h) saluran sehingga aliran tidak penuh.

f. Jembatan.



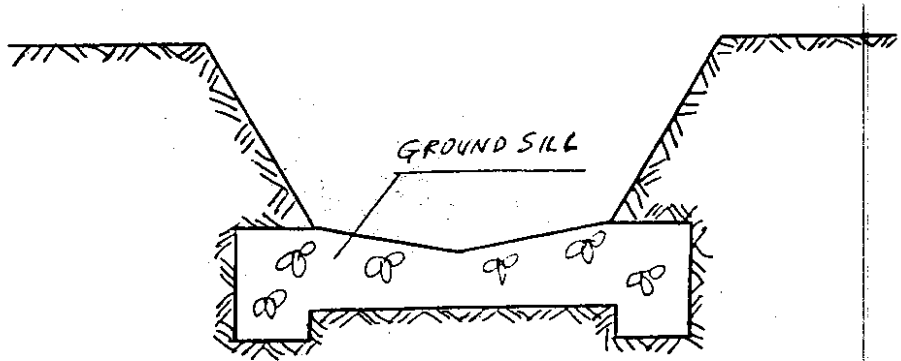
Bangunan Jembatan dimaksukan untuk mendukung pipa (saluran air / minyak) atau jalan yang melitang saluran drainase. Perlu diperhatikan bahwa tinggi Jagaan (F) harus dipertahankan sesuai persyaratan yang direncanakan, supaya sampah yang terapung diatas permukaan air saluran tidak tersangkut oleh Jembatan.

g. Bangunan Terjun.



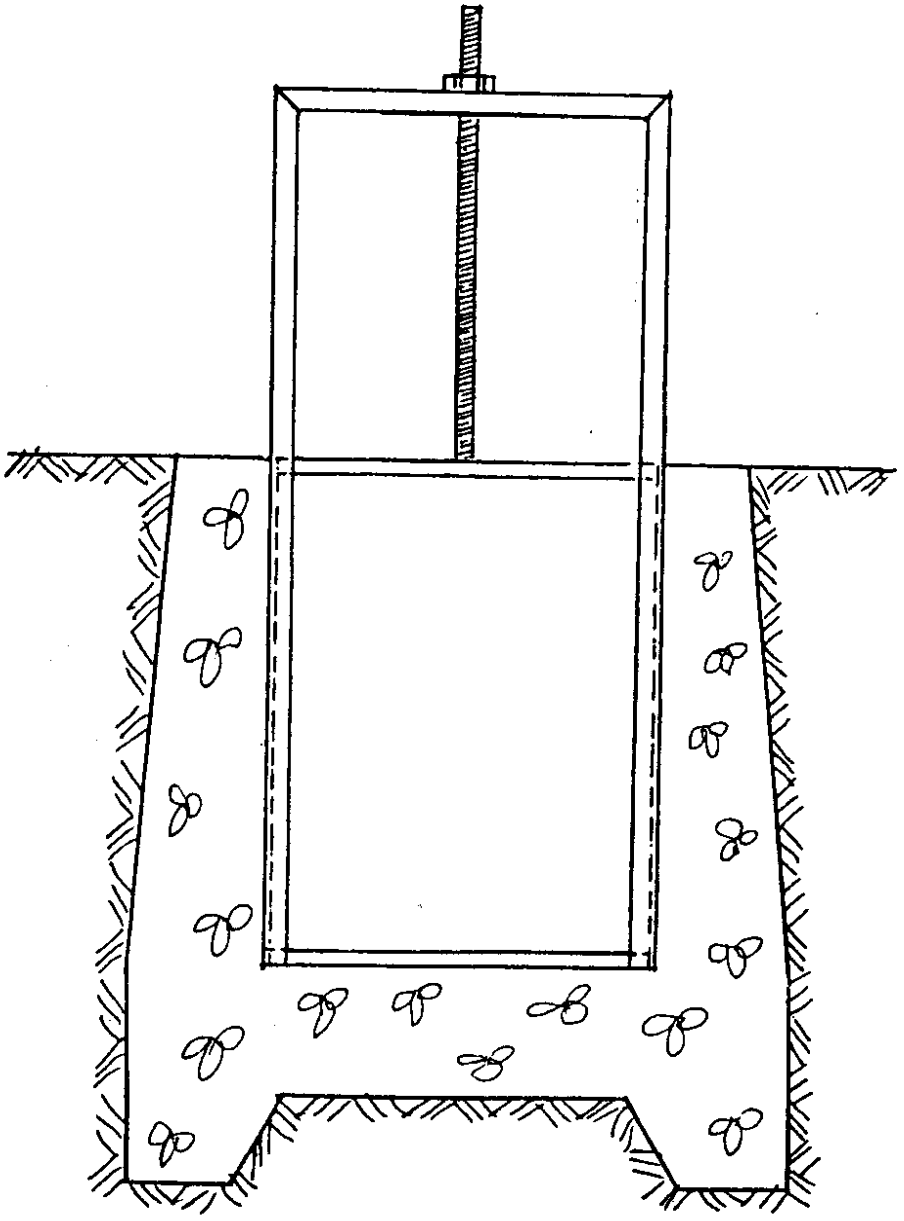
Bangunan Terjun diperlukan bila penempatan saluran terpaksa harus melewati jalur dengan kemiringan dasar (S) yang cukup besar.

h. Ground Sill.



Bangunan Ground sill ditempatkan melintang saluran pada jarak–jarak tertentu sehingga dapat berfungsi sebagai pengaman terhadap bahaya degradasi terhadap dasar saluran.

i. Pintu Air.



Bangunan Pintu Air dapat berupa Pintu Air Manual dan Pintu Air Otomatis, berfungsi sebagai penahan air pasang atau air banjir dari sungai.

SOAL / LATIHAN

1. **Soal :**

   Pada waktu mengumpulkan data topografi, dicari pula infomasi tentang elevasi muka air banjir di sungai, dimana saluran drainase akan bermuara. Jelaskan tujuan informasi tersebut.

   Penyelesaian :

   Saluran drainase berfungsi pada waktu hujan. Pada saat yang bersamaan, bisa terjadi aliran air di sungai meningkat karena adanya aliran dari hulu. Elevasi muka air banjir tersebut perlu dipertimbangkan pada desain saluran, karena bisa menimbulkan efek pengempangan pada saluran drainase.

2. **Soal :**

   Dari hasil analisa hidrologi, diperoleh Q rancangan sebesar 2,3 m^3/det.

   Rencanakan saluran drainase tersebut bila dari data lapangan diperoleh informasi sebagai berikut :
   - jenis tanah : lempung
   - lebar tanah tersedia : 5,5 m
   - kemiringan lahan = 0,001

   Penyelesaian :

   Dicoba saluran tanah (tanpa pasangan)
   Jenis tanah lempung : m =1,5
   Koefisien kekasaran Manning = 0,023
   Tinggi jagaan diambil 0,25 h

   Coba lebar dasar saluran = 2 m

   $Q = 1/n\ A\ R^{2/3}\ S^{1/2}$

   $2,3 = 1/0,023h \times (2+1,5h)h \times [\ (2+1,5h)h\ /\ (2+2hV3,25)\ ]^{2/3} \times 0,001^{1/2}$

   diperoleh h = 0,8 m

   Cek lebar tanah yang diperlukan :

   b + 1,25h x 1,5 = 2 + 3,75 x 0,8 = 5 m (5,5, m (OK)

   Kecepatan saluran = $1/n\ R^{2/3}\ S^{1/2}$
   = 0,9 m/det (OK, tidak terlalu rendah, tidak terlalu cepat)

3. Soal :

AliraN air pada soal No. 2 diatas menyilang jalan. Lebar jalan = 8 m. Elevasi muka air hulu (sebelum menyilang jalan) 1 m dibawah muka jalan. Rencanakan bangunan silang tersebut.

Hitung elevasi muka air hilir terhadap muka jalan.

Penyelesaian :

Kecepatan dalam gorong–gorong 1 - 2 m/det.

Ketebalan tanah penutup diatas gorong–gorong minimum 0,6 m ambil -----> 0,8 m.
Jadi muka air dalam gorong–gorong = 0,2 m dari bagian atas gorong-gorong.

Coba gorong-gorong persegi lebar 1 m dan tinggi air 0,7 m, jagaan 0,2 m.

Penampang basah = 1x 0,7 m = 0,7 m^2

Misalkan kecepatan air dalam gorong-gorong diambil 1,5 m/det.

Kebutuhan gorong-gorong = n
n x 0,7 = 2,3/1,5 ---> $v = 2,2$
Ambil jumlah gorong-gorong 2 buah.

Cek kecepatan : 2,3/2 x 0,7 = 1,64 m/det < 2 m/det (OK)

Jadi dimensi gorong-gorong adalah 2 x (1 m x 0,9 m), sepanjang 8 m, dibuat dari beton.

Kehilangan tinggi tekan melalui gorong-gorong :
Kehilangan pada inlet, sepanjang gorong-gorong dan pada outlet. Koenfisien kehilangan tekanan pada inlet dan outlet bisa dilihat pada kuliah hidolika, disini diasumsikan sebesar 0,2 dan 0.1

Kehilangan tekanan = $(0,2 + n^2L/R^{4/3} + 0,1)v/2g$
= $0,35\ 1,64^2/20 = 0,047$ m

Jadilah elevasi muka air hilir = 1 + 0,047 = 1,05 m dari muka jalan.

Bab 6
Drainase Khusus

6.1 DRAINASE LAPANGAN UDARA

6.1.1 TUJUAN

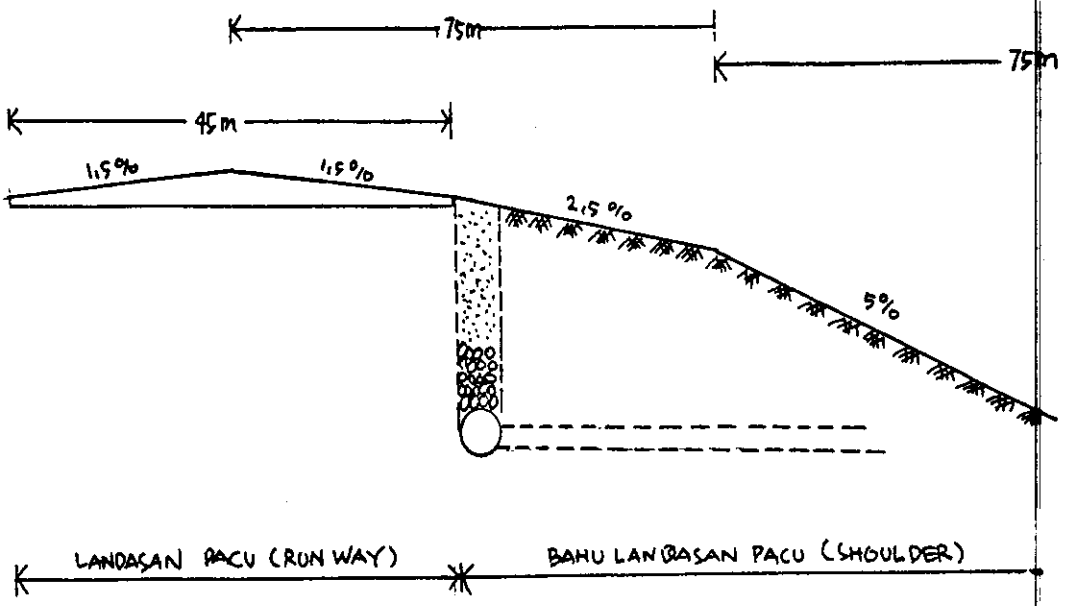
Drainase lapangan udara dibuat dengan tujuan :

1. Mempertahankan daya dukung tanah dengan mengurangi masuknya air.
2. Menjaga agar landasan pacu (runway) dan bahu landasan pacu (shoulder) tidak digenangi air yang dapat membahayakan penerbangan.

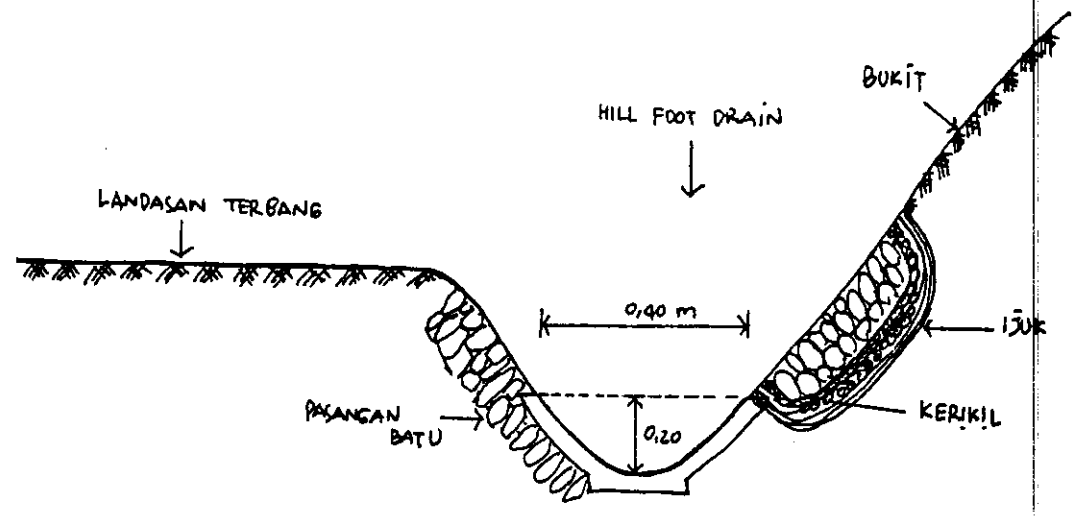
6.1.2 KRITERIA PERENCANAAN DAN PERANCANGAN DRAINASE LAPANGAN TERBANG.

Pada tahapan perencanaan drainase untuk lapangan terbang perlu diperhatikan ha-hal sbb :

1. Saluran drainase harus dibawah muka tanah dan tidak memotong landasan pacu atau runway, karena apabila memerlukan perawatan tidak mengganggu kelancaran aktifitas dari lapangan udara tersebut.
2. Air dari luar wilayah landasan terbang tidak boleh membebani sistem drainase lapangan terbang, jadi perlu adanya drainase tersendiri dikawasan sekitarnya atau yang biasanya disebut hill foot drain.



Gambar 6.1a. Penampang melintang landasan pacu



Gambar 6.1b. Sitem drainase dikawasan sekitar bandara

Perancangan suatu sistem drainase lapangan udara mempunyai beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu :

1. Kemiringan runway memanjang maksimum 1 %
2. Kemiringan shoulder melintang maksimum 2,5 - 5 %
3. Kemiringan runway melintang maksimum 1,5 %
4. Banjir 1 x dalam 10 tahun (periode ulang hujan 10 tahun)

Gambar berikut ini menampilkan keterangan dari kriteria perencanaan drainase lapangan terbang.

Dasar Perhitungan :

1. Perhitungan debit air hujan rencana : $Q = A\alpha\ \beta it\ (=T)$
   - Q = Debit air hujan yang dibuang
   - A = Luas daerah
   - α = Koefisien pengaliran
   - β = Koefisien penyebaran hujan
   - i_t = Curah hujan rata-rata salama T
   - T = Waktu/lamanya pengaliran.

2. Penentuan nilai koefisien pengaliran disesuikan dengan jenis permukaan yang akan dilalui, dan besarnya adalah :

NO.	KEADAAN TEMPAT	α
1.	Atap	0,75 - 0,95
2.	Perkerasan aspal	0,80 - 0,95
3.	Perkerasan Beton	0,70 - 0,90
4.	Perkerasan batu pecah	0,35 - 0,70
5.	Tanah Padat	0,40 - 0,55
6.	Tanah padat dg rumput	0,30 - 0,55
7.	Tanah	0,15 - 0,40
8.	Tanah dg rumput	0,10 - 0,30
9.	Tanah campur pasir	0,10 - 0,20
10.	Tanah campur pasir dan rumput	0,00 - 0,10
11.	Taman	0,05 - 0,25
12.	Kebun	0,00 - 0,20

3. Koefisien Penyebaran (β)

Untuk koreksi pengaruh hujan yang tidak merata faktor keadaan setempat juga mempengaruhi, misalnya : daerah kecil $\beta = 1$

Nilai β untuk suatu daerah luasan tertentu belum ada, maka dapat digunakan tabel perkiraan seperti dibawah ini.

TABEL PERKIRAAN HARGA B.

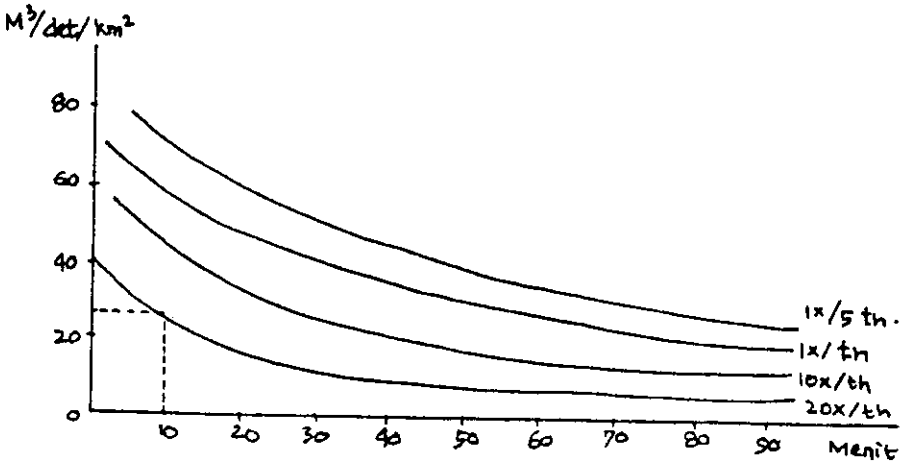
D. (km)	V. BREIN	EROPA
0.1	1,000	0.95
0.2	1,000	0.93
0.3	1,000	0.91
0.4	1,000	0,90
0.5	1,000	0.89
1.0	1,000	0.84
2.0	1,000	0.68
4.0	1,000	0.65
5.0	0,995	0.60
10.0	0,960	0.50
15.0	0,955	0.39
20.0	0,920	0.29
25.0	0,875	0.21
30.0	0,820	–
50.0	0,500	–

Perlu diingat bahwa prinsip perhitungan disini tidak semua air hujan diperhitungkan.

Contoh :

Untuk menghitung jumlah air hujan untuk daerah Jakarta dengan 1 = 5 menit dan saluran meluap 20 x dalam setiap tahun, berdasarkan grafik dibawah ini adalah :

t = 5 menit, dan Q_5 = 30 $m^3/det/km^2$.



RUMUS - RUMUS :

$$Q = A \times \alpha \times \beta \times i_t = T$$

$$T = \frac{L}{v}$$

$$Q = F \times v$$

$$v = c \times \sqrt{RI}$$

$$C = \frac{87}{Y + \frac{\gamma_B}{\sqrt{R}}} \quad \text{..... (BAZIN)}$$

$$C = \frac{100\sqrt{R}}{m + \div R} \quad \text{..... (KUTTER)}$$

$$R = \frac{F}{P}$$

Keterangan :

Q	=	Debit air hujan	C	=	Koefisien kecapatan aliran
A	=	Luas daerah	m	=	Koefisien kekasaran dinding dari kutter
a	=	Koefisien pengaliran	I	=	Kemiringan saluran
b	=	Koefisien penyebaran	i	=	Curah hujan
P	=	Keliling Basah	T	=	Lama hujan
L	=	Panjang saluran	v	=	Kecepatan rata-rata
F	=	Luas penampang basah	B	=	Konstanta Bazin
R	=	Jari-jari hidrolik			

TABEL KONSTANTA BAZIN (B)

TYPE SALURAN	KONDISI SALURAN			
	BAIK SEKALI	BAIK	CUKUP	BURUK
A. SALURAN BUATAN				
1. Saluran tanah lurus,baik	0,50	0.70	0,88	1,05
2. Saluran tanah dengan vegetasi batu, dlsb.	1,05	1,38	1,75	2,10
3. Saluran digali di daerah berbatu (tidak dihaluskan)	1,38	1.75	2,05	2,30
B. SALURAN ALAM				
1. Terpelihara	1,05	1,38	1,75	2,10
2. Saluran dengan vegetasi. batu dlsb.	1,75	2,40	3,50	4,85
C. SALURAN DG LAPISAN				
1. Beton diplester	–	0.055	0,14	0,22
2. Dinding kayu, tembok batu halus	0,055	0,22	0,275	0,33
3. Dinding batu dengan semen (kasar)	0,50	0.69	1,05	1,38
4. Dinding batu tanpa semen	1,05	1.38	1,60	1,75

6.2. DRAINASE LAPANGAN OLAH RAGA

6.2.1. TUJUAN

Sistem drainase untuk lapangan oleh raga bertujuan untuk mengeringkan lapangan olah raga tidak terjadi genangan air apabila terjadi hujan. Hal ini disebabkan karena bila terjadi genangan air maka akan mengganggu dan membahayakan pemakai lapangan. Oleh karena itu diusahakan agar air dapat cepat meresap kedalam tanah (secara infiltrasi)

6.2.2. KRITERIA PERENCANAAN DAN PERANCANGAN DRAINASE UNTUK LAPANGAN OLEH RAGA.

Perencanaan sistem drainase lapangan oleh raga harus diperhatikan :

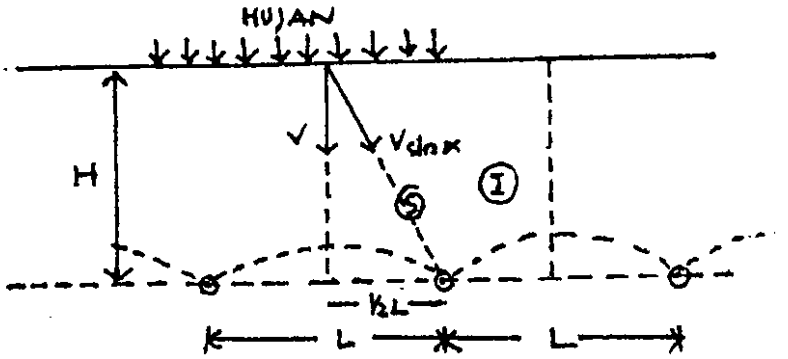
1. Konstruksi sistem drainase diusahakan agar dapat mengeringkan dengan cepat, tetapi tidak mengganggu pertumbunhan rumput.
2. Daerah yang akan ditangani cukup luas dan tidak memungkinkan untuk dibuat suatu lobang pemasukan (inlet).
3. Tidak ada erosi tanah, Limpasan permukaan sekecil mungkin I = 0,007
4. Infiltrasi sebesar mungkin
5. Piping dicegah dengan jalan memberi filter pada sambungan-sambungan pipa.
6. Pembebanan air dari luar dihilangkan dengan membuat saluran disekeliling lapangan.

Perancangan drainase lapangan olah raga.

Infiltrasi pada tanah yang dijumpai di alam berkisar pada kecepatan (V) 430 sd 860 mm/hari sedang persentasi pori disekitar P : (10 sd 50) %, daya resap q = p v = (43 sd 430)mm/hari. Hasil penelitian di laboratorium biasanya berbeda dengan keadaan di alam karena tanah tidak homogen, terdapat retak-retak bekas akar dan lain sebagainya. Selain faktor diatas, peresapan air juga dipengaruhi oleh :

- Terdapatnya lapisan kedap air
- Muka air tanah terletak dekat dengan muka tanah
- Keadaan tanah antara lain : kadar pori tanah, besar butiran dan jenis tanah.

Rumus pendekatan yang digunakan dalam perhitungan adala sebagai berikut "



I = Volume air tanah pada bagian yang diarsir.
V = Kecepatan infiltrasi.
t = S / V sinα dan sinα = H/S = H / $(1/4\ L^2 + H^2)^{0,5}$

Kemampuan sistem drainase untuk mendrain :

q = I/t
I = 1/m * H * P = 1/m * (H/V) *q
1/m = faktor koreksi, karena air yang masuk hanya dari bagian yang diasir dan besarnya = 4/5

Contoh Perhitungan :

Diketahui : Suatu lapangan olah raga dengan luas (200 x 300)m2 = 6Ha. p = 3, V = 650 mm/hari untuk mengeringkan lapangan tersebut digunakan 20 pipa dengan kedalaman H = 1,95 m dan kemiringan i = 4‰

Ditanyakan :

a. Kemampuan tanah untuk mendrain
b. Kemampuan sistem untuk mendrain
c. Diamater pipa yang digunakan

Jawab :

a. q = 30% * 650 mm/hari = 195 mm/hari = 195/8,64 lt/det/ha = 22,6 it/det/ha
Q 6Ha = 6 * (22,6) = 135,6 liter/detik

Kemampuan untuk mendrain adalah 22,6 liter/detik/ha.

Sin α = 1,95 / $(1,95^2 + 5^2)^{0,5}$ = 0,36

S = 5,37 m

t = 5,37/(0,65 * 0,36) = 22,8 hari

I 1,95 = 4/5 (1,95/0,65)195 = 468 mm

Kemampuan sistem untuk mendrain :

q = 468/22,8 = 20,5 mm/hari = 20,5/8,64 = 2,37 (I/det/ha)

Q (6Ha) = 6 x 2,37 = 14,24 I/detik

Jumlah pipa = 20 buah

Kapasitas pengeringan tiap pipa adalah 14,24 / 20 = 0, 71 liter/detik

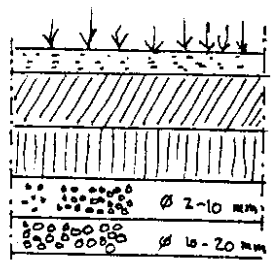
i = 0,004 , n = 0,1

Diameter pipa, Q = V A = 1/n x (0,004)0,5 x (0,25 D)(2/3)

0,71 = (1/0,1) x (0,004)0,5 x (0,25D) (2/3)

D = dapat dihitung

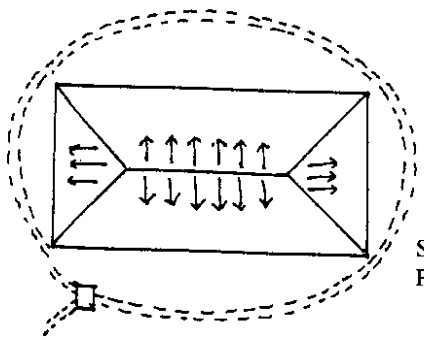
Gambar penampang melintang dari lapangan olah raga :



- RUMPUT
- LAPISAN PENUTUP
- PASIR URUG
- PASIR MURNI
- KERIKIL

Lapisan penutup : campuran antara pasir urug dan pupuk kandang (2 sd 4) : 1

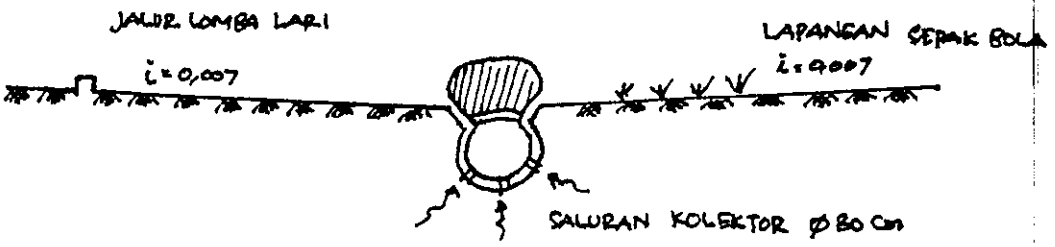
Pasir urug = 50 % Pasir (sand), 25 % Lumpur (silt), 25 % Lempung (Clay)



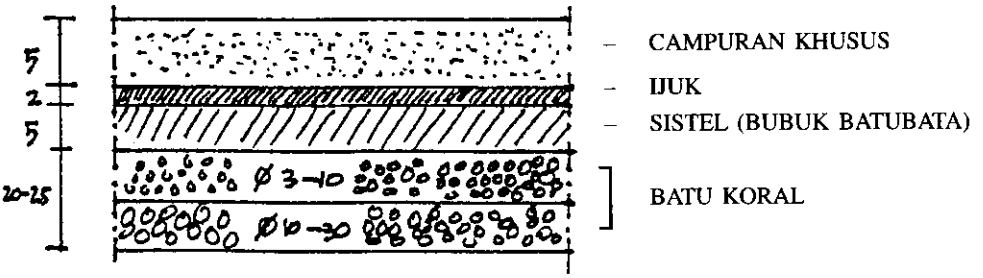
Air hujan sebagian besar meresap masuk kesaluran drainase bawah permukaan dan sebagian ke saluran drainase permukaan. Kemiringan 1 = 0,007

SALURAN PENGUMPUL

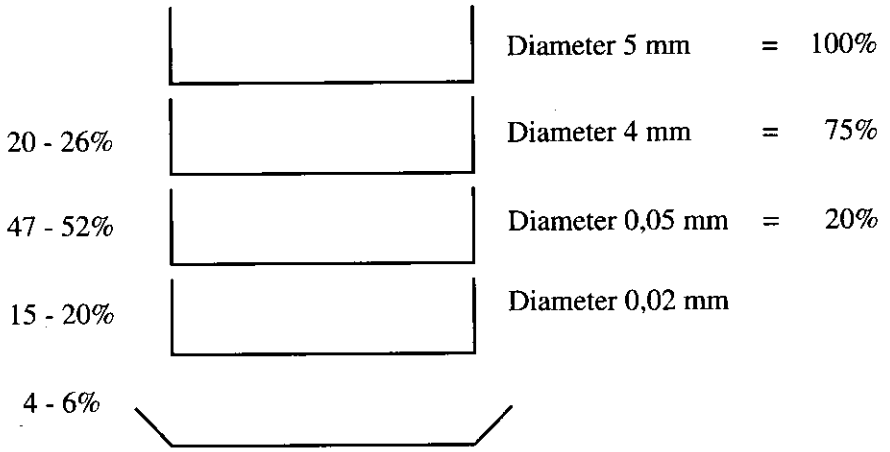
Gambar pola aliran air dan saluran drainasi di seputar lapangan.



Gambar potongan melintang jalur lomba lari.



Gradasi campuran khusus



Campuran khusus terdiri dari :

1. Pecahan genting halus diameter kurang dari 5 mm
2. Pasir urug
3. Kapur

Manfaat pecahan genting harus adalah :

1. Agar daya resap baik
2. Tanah menjadi kasat

Manfaat kapur adalah :

1. Menstabilkan campuran
2. Untuk mengikat lempung agar tidak menjadi lunak bila terlalu banyak air.

6.3. DRAINASI JALAN RAYA

6.3.1 TUJUAN PEMBUATAN SALURAN DRAINASI JALAN RAYA :

a. Mencegah terkumpulnya air hujan (genangan) yang dapat mengganggu transportasi.
b. Menjaga kadar air tanah badan/pondasi jalan tersebut berumur panjang.
c. Mencegah berkurangnya kekuatan bahan-bahan penutup
d. Mengurangi berubah-ubah volume tanah dasar.
e. Mencegah kerusakan karena hasilnya pasir halus pada perkerasan rigit dan mencegah timbulnya gelombang pada perkerasan fleksibel.
f. Mencegah erosi tanah
g. mencegah kelonngsoran lereng
h. Menambah keindahana kota.

6.3.2. KRITERIA PERENCANAASN DAN PERANCANGAN SISTEM DRAINASE JALAN.

a. Luas daerah yang akan dikeringkan (ROW)
b. Perkiraan hujan maksimum.
c. Kemiringan dari daerah sekitarnya dan kemungkinan pengaliran-nya, serta pembuangannya (geomorfologi/bentuk permukaan tanah).
d. Karakteristik tanah dasar termasuk permeabilitas dan kecenderung-an mengikis tanah lain.
e. Prosentasi dari air tanah.
f. Ketinggian rata-rata dari muka air tanah
g. Dalam minimum dari permukaan yang dibutuhkan untuk melin-dungi pipa saluran drainasi dari beban lalulintas.

Rumus-rumus yang digunakan :

Q = C.I.A. .....(cfs)
= (1/3,6). C.I.A .....m^3/det.
= 0,278. C.I.A .....m^3/det
A = Luas
I = Intensitas hujan rata-rata
C = Angka pengaliran

Rumus BURKLI - ZIEGLER

Q = C.I.A. $(S/A)^{025}$ .....(cfs)
S = Kemiringan rata-rata muka tanah.

Rumus lama waktu konsentrasi (t_c)

Rumus Empiris :

$$t_c = 0{,}00013\ L^{0.77}/S^{0{,}385} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(jam)}$$

Rumus KIRPICH :

$$t_c = L1.15/7700.\ H.^{0385} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(jam)}$$

L = Jarak dari tempat terjauh ke saluran drainasi (feet)
H = Selisih tinggi tempat terjauh dengan saluran drainasi (feet)
S = H/L = kemiringan rata-rata daerah aliran.
H = (m)
L = (m)

$$t_c = 0{,}0195\ (L/(S)^{0{,}5})^{0{,}77} \ldots\ldots\ldots \text{(menit)}$$

Tetapi umumnya digunakan rumus : t = L/V ... jam
dan $V = 72.(H/L)^{0.6}$

Rumus Maning untuk saluran terbuka.

v = (1,49/n) R. $^{2/3}$ $S^{1/2}$
Q = (0,00061/n). $D^{8/3.}$ $S^{1/2}$
v = (fps)
S = slope
Q = (cfs)
n = Manning discharge coefficient
D = (inchi)

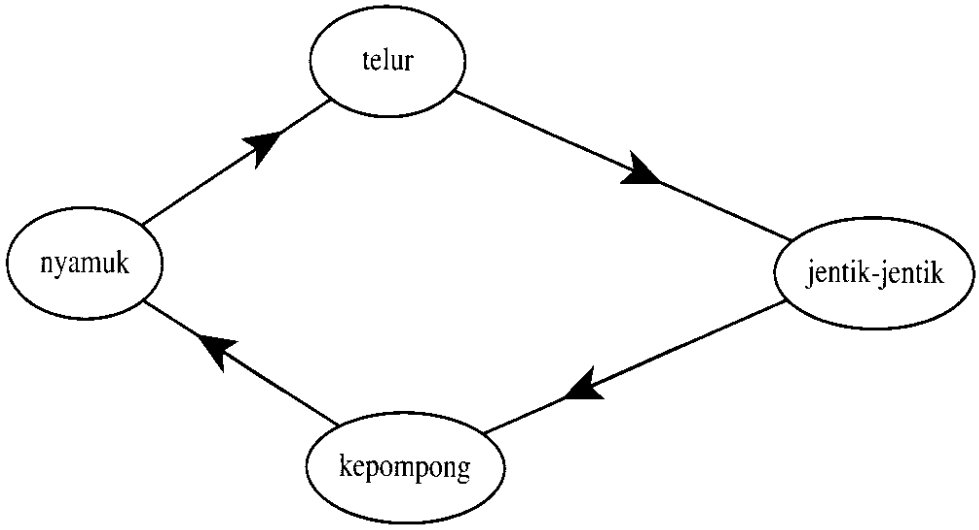
6.4. DRAINASE PENYEHATAN LINGKUNGAN

6.4.1. TUJUAN DRAINASI PENYEHATAN LINGKUNGAN.

Drainasi untuk penyehatan lingkungan antara lain merupakan usaha untuk memberantas nyamuk yang menjadi sumber penyakit malaria dan demam berdarah. Pada daerah-daerah dengan kepadatan penduduk yang padat dan cenderung menjadi daerah kumuh, masalah kesehatan sangat dipengaruhi oleh tersedianya sarana drainasi yang memadai.

6.4.2 KRITERIA PERENCANAN DRAINASE PENYEHATAN LINGKUNGAN

Perencanaan drainasi untuk penyehatan lingkungan dengan memperhitungkan siklus hidup nyamuk pada umumnya 7 - 10 hari



Untuk memutuskan siklus hidupnya, perlu diciptakan suatu lingkungan yang tidak menunjang berkembang biaknya nyamuk dengan :

1. Menghidari genangan air di permukaan tanah dengan membuat sistem drainasi yang memadai.
2. Meninggikan permukaan tanah pada tempat-tempat yang berbentuk cekungan agar tidak terjadi genangan air.

Perancangan sistem drainase untuk penyehatan lingkungan diharapkan dapat memutus siklus hidup nyamuk, untuk itu dikerjakan dengan :

1. Memperkirakan intensitas hujan untuk merancang sistem drainasi.

Misalnya :

- Data curah hujan Jakarta :

Hujan (hari)	Volume hujan (mm)	Volume hujan rata-rata perhari (mm/hari)
1	286	286
5	362	72
10	399	60
20	1053	53

Kemampuan sistem drainase ditentukan berdasarkan dua hal :

1. Jenis nyamuk yang bertelor pada waktu tidak hujan dan saat hujan, sehingga sistem yang dirancang dapat memotong siklus hidup nyamuk, untuk itu sistem drainasi harus mampu mengeringkan lokasi dalam awaktu 10 hari.

Hujan (hari)	Volume hujan selama 10 hari (mm)	Peringatan perhari (mm/hari)
1	286	28,6
5	362	36,2
10	599	59,9
20	10/20.1053	52,7

Dengan cara perhitungan tersebut dapat ditentukan kepasitas sistem drainase = 59,9 mm/hari.

2. Jenis yang bertelut pada saaat tidak hujan.

Dengan cara perhitungan tersebut ditentukan kapasitas sisttem drainase = 35 mm/hari. Ternyata untuk nyamuk yang bertelur

Hujan (hari)	Jangka waktu (hari)	Volume hujan menurut waktu (mm/hari)	Peringatan perhari (mm/hari)
1	1 + 10	286	26
5	5 + 10	362	24
10	10 + 10	599	30
20	20 + 10	1053	35

pada waktu tidak hujan hanya memerlukan sistem drainase dengan kapasitas yang lebih kecil.

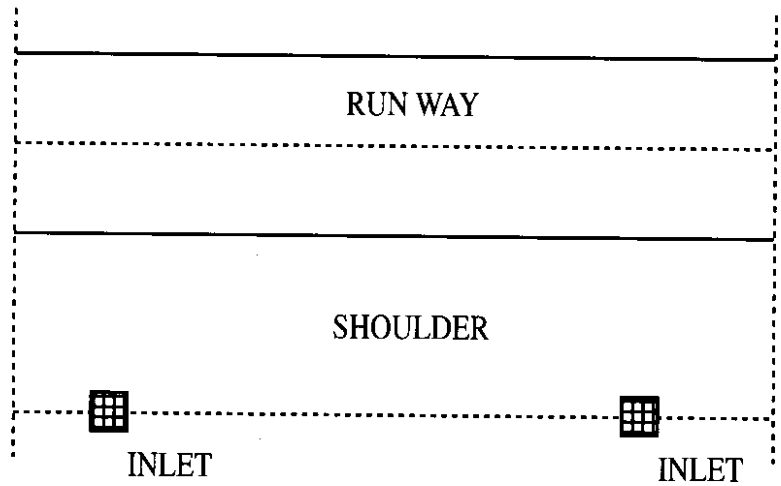
Soal : Drainase Lapangan Udara

Diketahui :

Runway dan Shoulder dan fasilitas inlet rencana seperti pada gambar dan besarnya debit banjir ditentukan $q_{t=T}$ = 3901/det/ha. β = 0,982

Pertanyaan :

Hitung dimensi salarun drainase runway



Jawab :

a. Menghitung luas area yang dikeringkan (didrain)
   $O = (25X100) + (100*100)\ m^2 = 12.500\ m^2 = 1,25$ Ha

b. Menghitung α

Runway	=	20 % x 0,95	=	19 %
Lapangan	=	80% x 0,30	=	24 %
		α	=	43 %

c. Menghitung Debit maksimum dan dimensi saluran

   $Qmak = O \times \alpha \times b \times qt = T$
   $= 1,25 \times 43\% \times 0,982 \times 390$ l/detik

   $Qmak = 205,852$ l/detik $= 0,206\ m^3$/detik

   asumsi kecepatan aliran (V)
   $= 0,5$ m/detik (menghindari erosi)

   $Qmak = V \times A$ $\quad A = Qmak/V$
   $= (0,206 / 0,5)\ m^2$
   $= 0,824\ m^2$

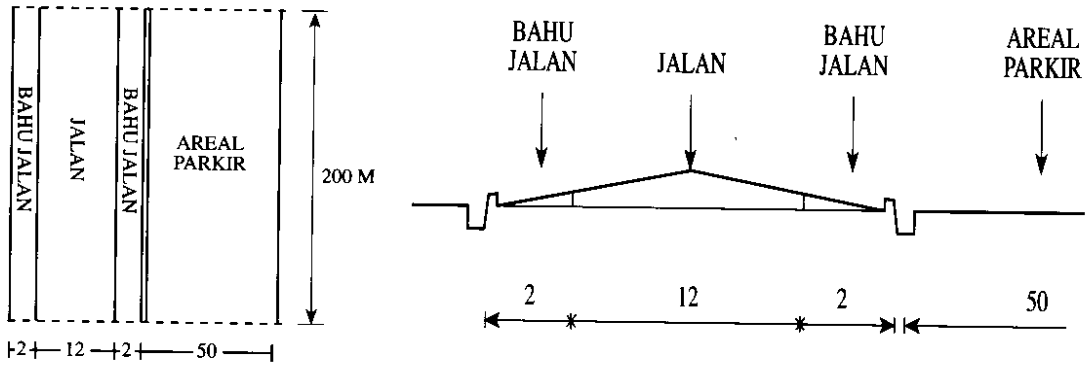
   Luas penampang saluran = 0,824 m^2, dimensi saluran

   $$D = \sqrt{\frac{4 \times (0,824)}{\pi}}\ m$$

   diperoleh Dimensi saluran = 1,02 meter

Soal Drainase Jalan

Jalan dengan potongan melintang seperti pada gambar di bawah ini. Panjang jalan 200 meter, Koefisien limpasan : C1 jalan = 0,7 C2 parkir = 0,9 C3 bahu jalan = 0,4 dan Intensitas hujan rencana 190 mm/jam.



Pertayaan :

a) Hitung besarnya debit limpasan jalan.
b) Hitung besarnya dimensi saluran, bila kemiringan saluran sama dengan kemiringan jalan yaitu = 0,003, salarun dengan konstruksi pasangan batu kali dengan nilai koenfisien kekasaran n = 0,02, bentuk saluran segi empat dengan tinggi saluran 1,2 kali lebar saluran (t = 1,2b).

Jawah :

a) Menghitung debit limpasan jalan

A1 luas area (jalan) = 12 x 200 = 2.400 m^2
A2 luas area (parkir) = 50 x200 = 10.000 m^2
A3 luas area (bahu jalan) = 4 x 200 = 800 m^2

Total luas = 13.200 m2

Crata-rata = (0,7 x 2.400 + 10.000 x 0,9 + 800 x 0,4)/13.200
Crata-rata = 0,83

Besarnya debit limpasan = 0,83 x 190/3600 x 10^3 x 13200
Besarnya debit limpasan = 0,578 m^3/detik

b) Menghitung dimensi saluran.

$$V = \frac{1}{n} (R^{\frac{2}{3}}) \times \sqrt{S}$$

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S}} = \frac{0{,}578}{\frac{1}{0.02} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0{,}003}}$$

$$= \frac{0{,}578}{50 \times 0.0547 \times R^{\frac{2}{3}}}$$

$$R = \frac{1{,}2B \times B}{2{,}4B + B} = 0.3529\ B$$ diperoleh B = 0,27 m dan H = 0,3[illegible] m

DAFTAR PUSTAKA

BAB I

01. ----------, 1990, Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

02. Darmanto, 1990, Drainase Perkotaan, Seminar Sehari Himpunan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

03. Hardjoso P.. 1987, Drainase, Laboratorium P4S PT. UGM, Yogyakarta.

04. Sudjarwadi, 1990, Teknik Drainase, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.

BAB II

Suyono Sosrodarsono, Ir. , Kensaku Takeda,
" Hidrologi untuk Pengairan ", edisi IV tahun 1987, PT Pradya Paramita, Jakarta.

Joyce Martha W, Ir. , Wanny Adidarma, Ir. Dipl. H.
" Mengenal Dasar-dasar Hidrologi " Penerbit Nova

Imam Subarkah, Ir.
"Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air". 1980 Ide Dharma, Bandung.

Sudjarwadi, Dr. , Ir.
" Teknik Drinase:. PAU - UGM Yogyakarta.

Sri Harto Br,
"Analisis Hidrologi " , 1983, PT. Gramedia, Jakarta

CD. Soemarto, Ir. B.I.E. Dipl. H.
" Hidrologi Teknik". 1986 PPMTT - Malang.

BAB III

Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan (SK SNI T - 07 - 1990 - F, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta , 1990

Dewan Standarisasi Nasional - DSN (SNI 03 - 3424 - 1994), Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1994.

Ronald V, Giles, Mekanika Fluida & Hidrolika, Erlangga, Jakarta, 1993.
Ven Te Chow, Hidrolika Saluran Terbuka (terjemahan), Erlangga, Jakarta, 1992

BAB IV

01. Anonymous, 1986, MATERI TRAINING UNTUK TINGKAT STAF TEKNIS PROYEK PLP SEKTOR AIR LIMBAH, DITJEN CIPTA KARYA, DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM, Jakarta.

02. Anonymous, 1995, Diklat Kuliah Drainase Perkotaan, Universitas Tarumanegara, Jakarta.

03. Anonymous, 1969, DESIGN AND CONSTRUCTION OF SANITARY AND STORM SEWERS, Water Polution Control Federation Washington D.C., USA

04. Prodjopangarso, Hardjoso, Prof. Ir, 1987, "DRAINASI" Laboratorium P.4 Senat Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

05. Ray K Linsley, Joseph B Franzini, Djoko Sasongko, 1991 Teknik Sumber Daya Air Jilid II (terjemahan). Erlangga Jakarta

BAB V

Standar Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan Departemen Pekerjaan Umum

Hidrologi Perkotaan
Joesron Loebis, Ir, MEng
Kepala Balai Penyelidikan Hidrologi

Open Chennel Hydraulic
Ven Te Chow, Ph.D
Profesor of Hydraulic Engineering
University of Illinois

Drainasi
Hardjoso Prodjo Pangarso, Prof.,Ir.
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada.

BAB V. LANGKAH PERANCANGAN

5.1. Data Perancangan 67
5.2. Kriteria Perancangan 72
5.2.1. Aspek Aliran/Teknis 73
5.2.2. Aspek Biaya 81
5.3. Perancangan Saluran 83
5.4. Perancangan Bangunan 85

BAB VI. DRAINASE KHUSUS

6.1. Drainase Lapangan Udara 95
6.1.1. Tujuan 95
6.1.2. Kriteria Perencanaan dan Perancangan Drainase Lapangan Terbang 95
6.2. Drainase Lapangan Olah Raga 101
6.2.1. Tujuan 101
6.2.2. Kriteria Perencanaan dan Perancangan Drainase Untuk Lapangan Olahraga 101
6.3. Drainase Jalan Raya 105
6.3.1. Tujuan Pembuatan Saluran Drainase Jalan Raya 105
6.3.2. Kriteria Perencanaan dan Perancangan Sistem Drainase Jalan 105
6.4. Drainase Penyehatan Lingkungan 107
6.4.1. Tujuan Drainase Penyehatan Lingkungan 107
6.4.2. Kriteria Perencanaan Drainase Penyehatan Lingkungan 107

DAFTAR PUSTAKA 113

Bab 1
Pendahuluan

Drainase (drainage) yang berasal dari kata kerja 'to draim' yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air, adalah terminologi yang digunakan untuk menyatakana sistim-sistim yang berkaitan dengan penanganan masalah kelebihan air, baik diatas maupun dibawah permukaan tanah.

Pengertian drainase perkotaan tidak terbatas pada teknik pembuangan air yang berlebihan namun lebih luas lagi menyangkut keterkaitannya dengan aspek kehidupan yang berada di dalam kawasan perkotaan.

Semua hal yang menyangkut kelebihan air yang berada di kawasan kota sudah pasti dapat menimbulkan permasalahan drainase yang cukup komplek. Dengan semakin kompleknya permasalahan drainase di perkotaan, maka di dalam perencanaan dan pembangunan bangunan air untuk drainase perkotaan, keberhasilannya tergantung pada kemampuan masing-masing perencana. Dengan demikian di dalam proses pekerjaan memerlukan kerjasama dengan beberapa ahli di bidang lain yang terkait.

1.1 SEJARAH PERKEMBANGAN DRAINASE

Ilmu drainase perkotaan bermula tumbuh dari kemampuan manusia mengenali lembah-lembah sungai yang mampu mendukung kebutuhan hidupnya. Adapun kebutuhan pokok tersebut berupa penyediaan air bagi keperluan rumah tangga, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi dan kebutuhan sosial budaya.

Dari siklus keberadaan air di suatu lokasi dimana manusia bermukim, pada masa tertentu selalu terjadi keberadaan air secara berlebih, sehingga mengganggu kehidupan manusia itu sendiri. Selain daripada itu, kegiatan manusia semakin bervariai sehingga menghasilkan limbah kegiatan berupa air buangan yang dapat mengganggu kualitas lingkungan hidupnya. Berangkat dari kesadaran akan arti kenyamanan hidup sangat tergantung pada kondisi lingkungan, maka orang mulai berusaha mengatur lingkungannya dengan cara melindungi daerah pemukimannya dari kemungkinan adanya gangguan air berlebih atau air kotor.

Dari sekumpulan pengalaman terdahulu dalam lingkungan masyarakat yang masih sederhana, ilmu drainase perkotaan dipelajari oleh banyak bangsa. Sebagai contoh orang Babilon mengusahakan lembah sungai Eufrat dan Tigris sebagai lahan pertanian yang dengan demikian pasti tidak dapat menghindari permasalahan drainase. Orang Mesir telah memanfaatkan air sungai Nil dengan menetap sepanjang lembah yang sekaligus rentan terhadap gangguan banjir.

Penduduk di kawasan tropika basah seperti di Indonesia awalnya selalu tumbuh dari daerah yang berdekatan dengan sungai, dengan demikian secara otomatis mereka pasti akan berinteraksi dengan masalah gangguan air pada saat musim hujan secara periodik. Pada kenyataannya mereka tetap dapat menetap disana, dikarenakan mereka telah mampu mengatur dan menguasai ilmu pengetahuan tentang drainase.

Terpengaruh dengan perkembangan sosial budaya suatu masyarakat atau suku bangsa, ilmu drainase perkotaan akhirnya harus ikut tumbuh dan berkembang sesuai dengan perubahan tata nilai yang berlangsung di lingkungannya.

Harus diakui bahwa pertumbuhan dan perkembangan ilmu drainase perkotaan dipengaruhi oleh perkembangan ilmu hidrolika, matematika, statistika, fisika, kimia, komputasi dan banyak lagi yang lain, bahkan juga ilmu ekonomi dan sosial sebagai ibu asuhnya pertama kali. Ketika di dominasi oleh ilmu hidrologi, hidrolika, mekanika tanah, ukur tanah, matematika, pengkajian ilmu drainase perkotaan masih menggunakan konsep statika.

Namun dengan semakin akrabnya hubungan ilmu drainase perkotaan dengan statistika, kesehatan, lingkungan, sosial ekonimi yang umumnya menyajikan suatu telaah akan adanya ketidak pastian dan menuntut pendekatan masalah secara terpadu (integrated) maka ilmu drainase perkotaan semakin tumbuh menjadi ilmu yang mempunyai dinamika yang cukup tinggi.

1.2. DEFINISI DRAINASE

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu.

Sedangkan drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang meng-khususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi Lingkungan Fisik dan Lingkungan Sosial Budaya yang ada di kawasan kota tersebut.

Drainase perkotaan merupakan sistim pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi : Pemukiman, kawasan industri & perdagangan, sekolah, rumah sakit, & pasilitas umum lainnya, lapangan olah raga, lapangan parkir, instalasi militer, instalasi listrik & telekomunikasi, pelabuhan udara, pelabuhan laut/sungai serta tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota.

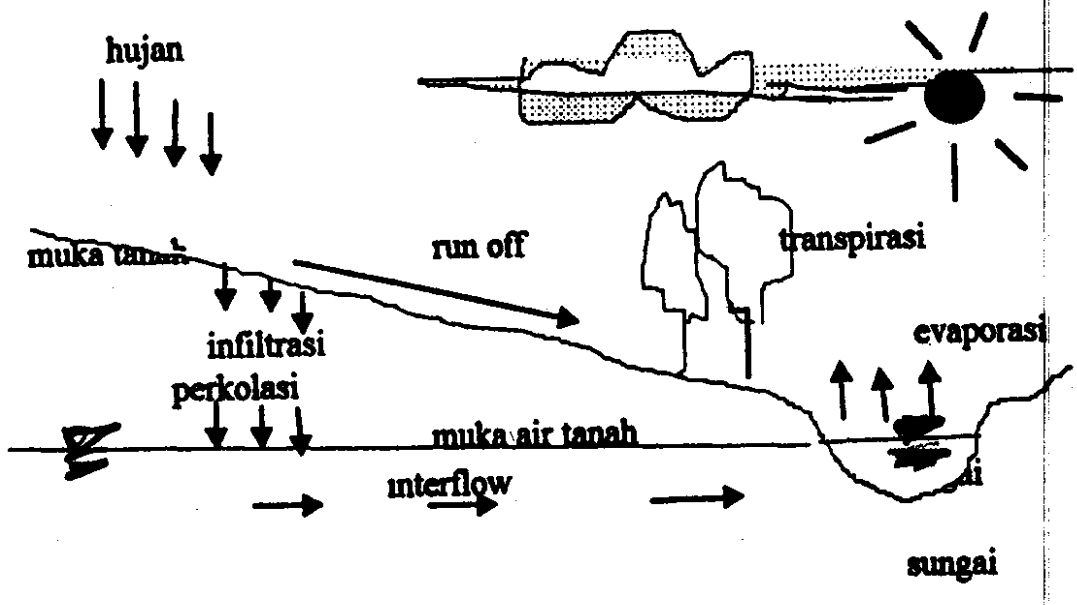
Dengan demikian Kriteria Desain drainase perkotaan memiliki ke-khususan, sebab untuk perkotaan ada tambahan variabel design seperti : keterkaitan dengan tata guna lahan, keterkaitan dengan master plan drainase kota, keterkaitan dengan masalah sosial budaya (kurangnya kesadaran masyarakat dalam ikut memelihara fungsi drainase kota) dan lain-lain.

1.3. JENIS DRAINASE

1.3.1. MENURUT SEJARAH TERBENTUKNYA

a. Drainase Alamiah (Natural Drainase)

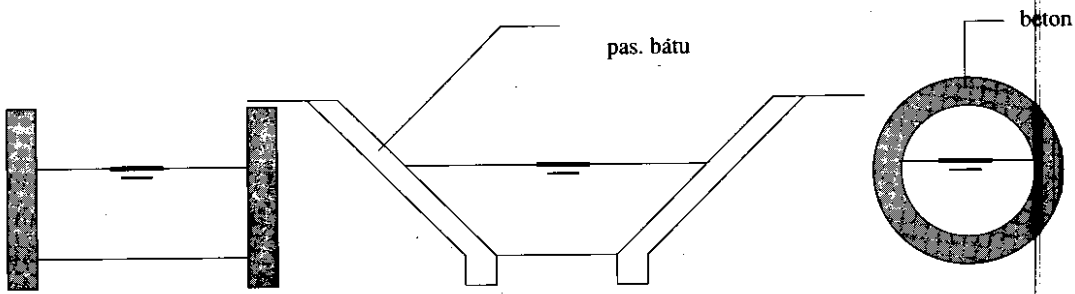
Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.



Gambar 1.1. Drainase Alamiah pada Selules Air.

b. Drainase Bautan (Arficial Drainage)

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.



Gambar 1.2. Drainase Buatan

1.3.2. MENURUT LETAK BANGUNAN

a. Drainase Permukaan Tanah (Surface Drainage)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open chanel flow.

b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (Subsruface Drainage)

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain : Tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

1.3.3. MENURUT FUNGSI

a. ***Single Purpose***, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.

b. ***Multi Purpose***, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

1.3.4. MENURUT KONSTRUKSI

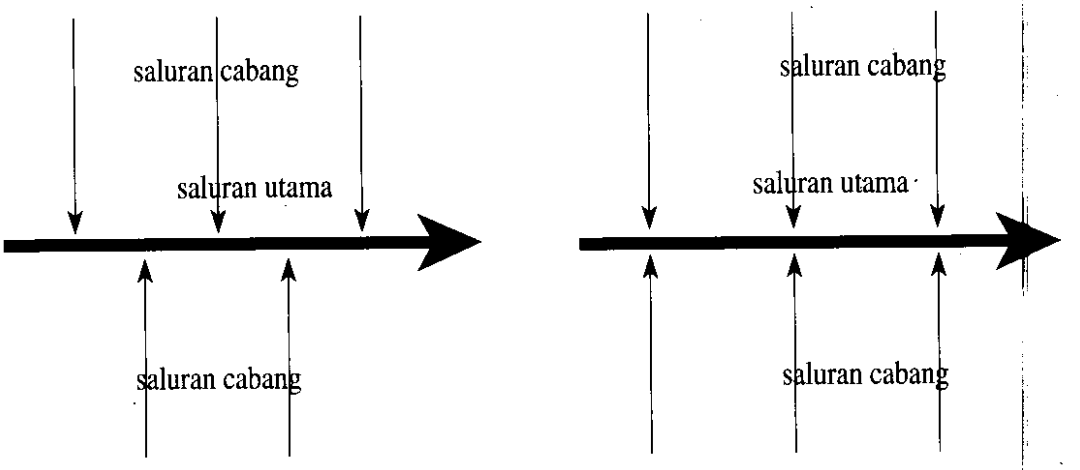
a. ***Saluran Terbuka***, yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan / mengganggu lingkungan.

b. ***Saluran Tertutup***, yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/ lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

1.4. POLA JARINGAN DRAINASE

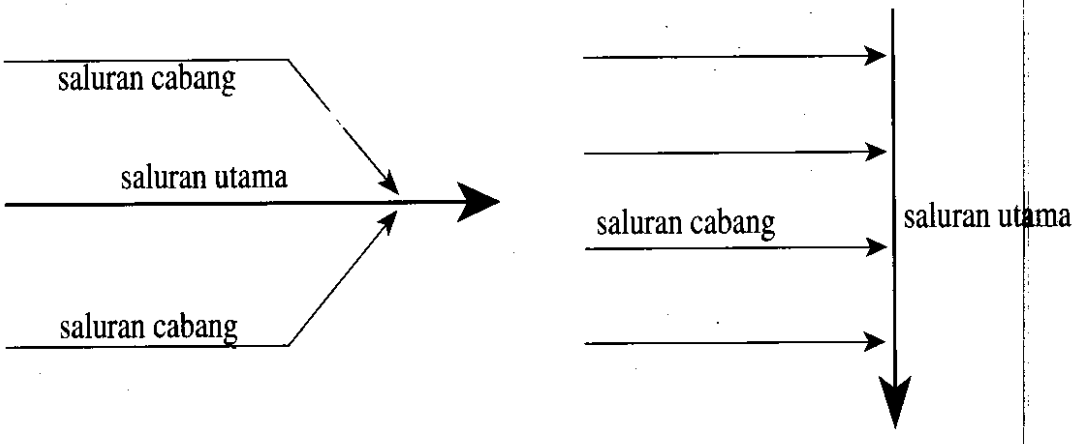
a. Siku

Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota.



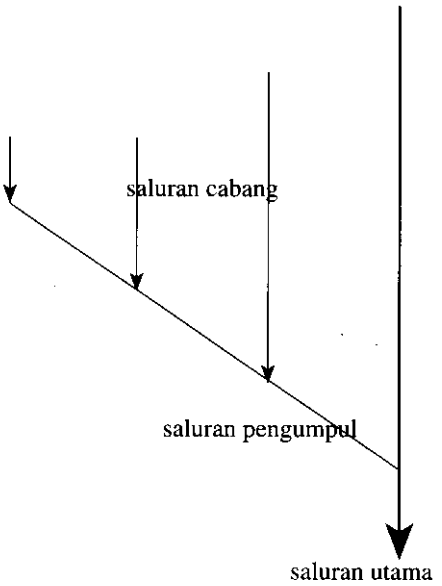
b. Pararel

Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



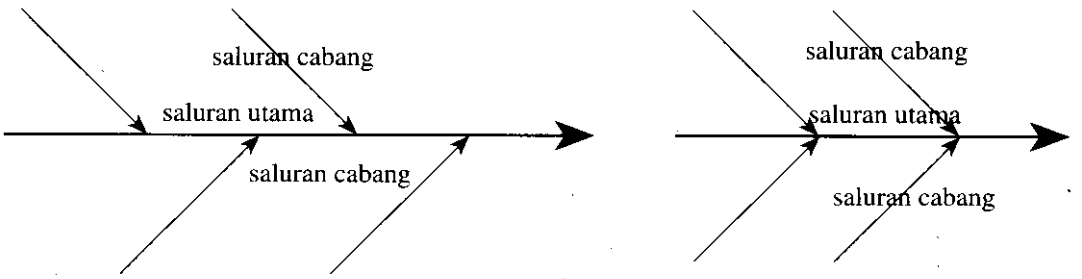
c. Grid Iron

Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpul.



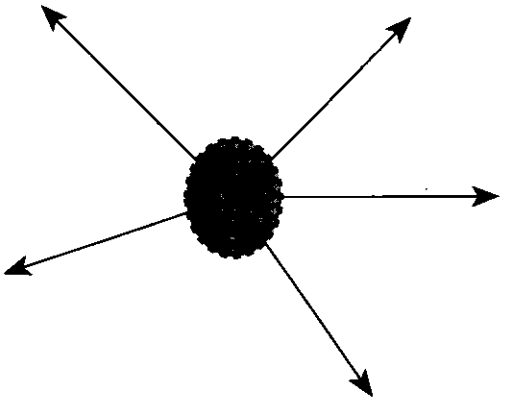
d. Alamiah

Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar.



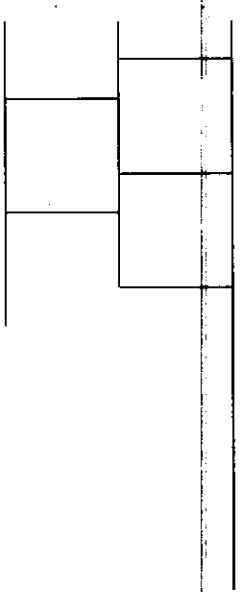
e. Radial

Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



f. ***Jaring-jaring***

Mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya. dan cocok untuk daerah dengan topografi datar.



SOAL

1. Berikan gambaran tentang permasalahan drainase perkotaan serta ruang lingkupnya.
2. Dalam Sistem drainase sering dikenal atau ditemukan saluran yang berfungsi lebih dari satu pelayanan. Sebutkan permasalahan yang muncul dari sistem drainase tersebut.
3. Berikan gambaran tentang permasalahan drainase di daerah yang mengalami perubahan tata guna lahan.

JAWABAN

1. Permasalahan drainase perkotaan sangat komplek karena menyangkut bukan hanya lingkungan fisik saja melainkan terkait dengan masalah lingkungan sosial budaya serta karakteristik daerah.
2. Pada umumnya di Indonesia sering ditemukan saluran yang berfungsi selain untuk mengalirkan air hujan juga sekaligus tempat pembuangan air limbah domestik. Hal ini akan berdampak terhadap kesehatan lingkungan / pencemaran air terutama pada daerah yang terkena pengaruh pasang surut atau daerah daratan rendah (down land), sehingga akan berdampak pula dengan kriteria desain saluran yang akan dibuat.
3. Permasalahan yang terjadi yaitu adanya benturan sistem drainase mikro daerah sekitar (daerah sebelum terjadi perubahan fungsi) dengan sistem drainase baru, sehingga perubahan ini perlu disesuaikan dengan mereview sistem drainase secara makro ataupun RUTR-nya.

Bab 2
Aspek Hidrologi

2.1. KARAKTERISTIK HUJAN

2.1.1. DURASI

Durasi hujan adalah lama kejadian hujan (menitan, jam-jaman, harian) diperoleh terutama dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis. Dalam perencanaan drainase durasi hujan ini sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi, khususnya pada drainase perkotaan diperlukan durasi yang relatif pendek, mengingat akan toleransi terhadap lamanya genangan.

2.1.2. INTENSITAS

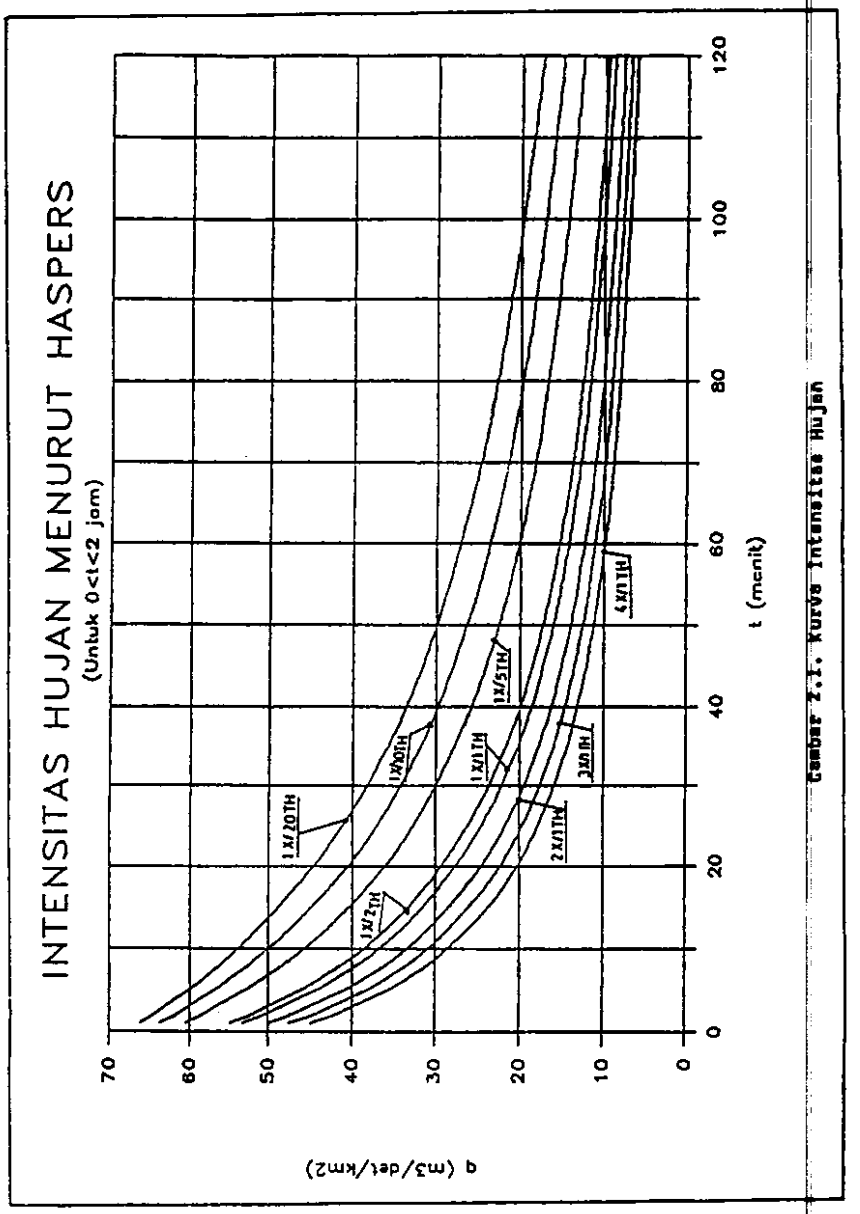
Intensitas adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris.

2.1.3. LENGKUNG INTENSITAS

Lengkung intensitas hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan, hubungan

tersebut dinyatakan dalambentuk lengkung intensitas hujan dengan kala ulang hujan tertentu.

Pada gambar 2.1. merupakan salah satu contoh lengkung intensitas hujan untuk beberapa macam kala ulang hujan menurut Haspers.



Gambar 2.1. Kurve Intensitas Hujan

2.1.4. WAKTU KONSENTRASI (T)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran.

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi :

a. Inlet time (t_o), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.
b. Conduit time (t_d), yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan dibagian hilir.

Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus :

$$t_c = t_o + t_d$$

Lama waktu mengalir di dalam saluran (t_d) ditentukan dengan rumus sesuai dengan kondisi salurannya. untuk saluran alami, sifat-sifat hidroliknya sukar ditentukan, maka t_d dapat ditentukan dengan menggunakan perkiraan kecepatan air seperti pada tabel 2.1.

Pada saluran buatan nilai kecepatan aliran dapat dimodifikasi berdasarkan nilai kekasaran dinding saluran menurut Manning, Chezy atau yang lainnya.

Tabel 2.1. Tabel Kecepatan untuk Saluran Alami

Kemiringan rata-rata dasar saluran (%)	**Kecepatan rata-rata (meter / dt)**
Kurang dari 1	0,40
1 - 2	0,60
2 - 4	0,90
4 - 6	1,20
6 - 10	1,50
10 - 15	2,40

Waktu konsentrasi besarnya sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini :

a. Luas daerah pengaliran
b. Panjang saluran drainase
c. Kemiringan dasar saluran
d. Debit dan kecepatan aliran

Dalam perencanaan drainase waktu konsentrasi sering dikaitkan dengan durasi hujan, karena air yang melimpas mengalir di permukaan tanah dan selokan drainase sebagai akibat adanya hujan selama waktu konsentrasi.

2.2. DATA HUJAN

2.2.1. PENGUKURAN

Hujan merupakan komponen yang amat penting dalam analisis hidrologi pada perancangan debit untuk menentukan dimensi saluran drainase.

Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi salama satu hari. Untuk berbagai kepentingan perancangan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian, akan tetapi juga distribusi jam-jaman atau menitan. Hal ini akan membawa konsekwensi dalam pemilihan data, dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis.

2.2.2. ALAT UKUR

Dalam praktek pengukuran hujan terdapat dua jenis alat ukur hujan, yaitu :

a. **Alat ukur hujan biasa** ***(Manual Raingauge)***

Data yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat ini, berupa data hasil pencatatan oleh petugas pada setiap periode tertentu. Alat Pengukur hujan ini berupa suatu corong dan sebuah gelas ukur, yang masing-masing berfungsi untuk menampung jumlah air hujan dalam satu hari (hujan harian).

b. **Alat ukur hujan otomatis** ***(Automatic Raingauge)***

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat ini, berupa data pencatatan secara menerus pada kertas pencatat yang dipasang pada alat ukur. Berdasarkan data ini akan dapat dilakukan analisis untuk memperoleh besaran intensitas hujan.

Tipe alat ukur hujan otomatis ada tiga yaitu :
- Weighting Bucket Raingauge
- Float Type Raingauge
- Tipping Bucket Raingauge

2.2.3. KONDISI DAN SIFAT DATA

Data hujan yang baik diperlukan dalam melakukan analisis hidrologi, sedangkan untuk mendapatkan data yang berkwalitas biasanya tidak mudah. Data hujan hasil pencatatan yang tersedia biasanya dalam kondisi tidak menerus. Apabila terputusnya rangkaian data hanya beberapa saat kemungkinan tidak menimbulkan masalah, tetapi untuk kurun waktu yang lama tentu akan menimbulkan masalah di dalam melakukan analisis.

Menghadapi kondisi data seperti ini langkah yang dapat ditempuh adalah dengan melihat akan kepentingan dari sasaran yang dituju, apakah data kosong tersebut perlu diisi kembali.

Kwalitas data yang tersedia akan ditentukan oleh alat ukur dan manajemen pengelolaannya.

2.3. PENGOLAHAN DATA

2.3.1. HUJAN RERATA DAERAH ALIRAN

Hujan rata-rata untuk suatu daerah dapat dihitung dengan :

a. Cara rata-rata aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$R = 1/n\ (R1 + R2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + Rn\ )$$

dimana :

R = curah hujan daerah
n = jumlah titik atau pos pengamatan

R1, R2, ... Rn = curah hujan di tiap titik pengamatan.

b. Cara Thiessen

Jika titik-titik di daerah pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan dilakukan dengan memperhitungkan daerah pergaruh tiap titik pengamatan.

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n}$$

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n.R_n}{A}$$

$$\bar{R} = W_1.R_1 + W_2.R_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + W_n.R_n$$

dimana :

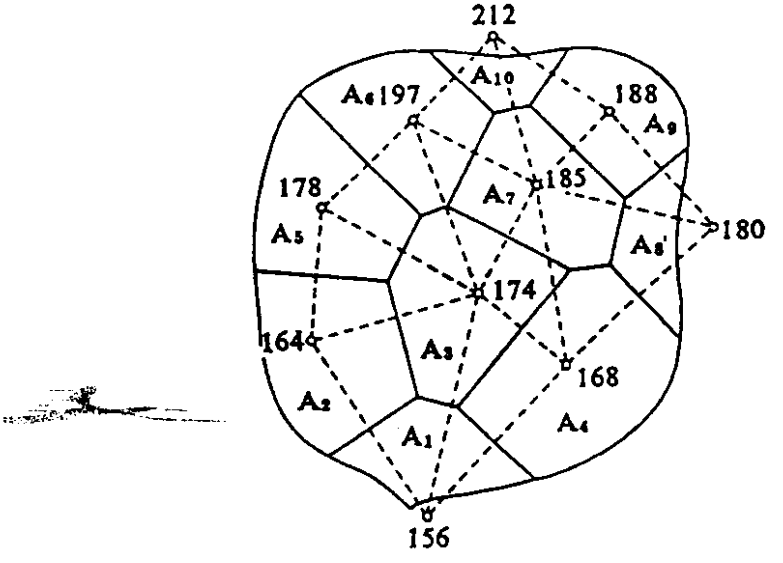
$\bar{R}$ = curah hujan daerah
$R_1, R_2, .. R_n$ = curah hujan di tiap titik pengamatan
$A_1, A_2, \ldots\ldots A_n$ = bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan.

$$W_1, W_2, \ldots\ldots W_n = \frac{A_1}{A} \quad \frac{A_2}{A} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{A_n}{A}$$

Bagian-bagian daerah $A_1, A_2, \ldots\ldots\ldots\ldots A_n$ ditentukan dengan cara sebagai berikut :

- Cantumkan titik-titik pengamatan di dalam dan disekitar daerah itu pada peta topografi, kemudian dihubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus. Dengan demikian akan terlukis jaringan segitiga yang menutupi seluruh daerah.
- Daerah yang bersangkutan itu dibagi dalam poligon-poligon yang didapat dengan menggambar garis bagi tegak lurus pada setiap sisi segitiga tersebut di atas. Curah hujan dalam setiap poligon dianggap diwakili oleh curah hujan dari titik pengamatan dalam tiap poligon itu. Luas tiap poligon diukur dengan planimeter atau dengan cara lain.

Cara Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aljabar. Akan tetapi penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempergaruhi ketelitian hasil yang didapat. Kerugian yang lain umpamanya untuk penentuan kembali jaringan segitiga jika terdapat kekurangan pengamatan pada salah satu titik pengamatan.



Gambar 2.2. Poligon Thiessen

c. **Cara Isohyet**

Peta isohyet digambar pada peta topografi dengan perbedaan 10 mm sampai 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik-titik pengamatan di dalam dan sekitar daerah yang dimaksud.

Luas bagian daerah antara 2 garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rata-rata dari garis-garis isohyet yang berdekatan yang termasuk bagian-bagian itu dapat dihitung. Curah hujan daerah itu dapat dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots A_n}$$

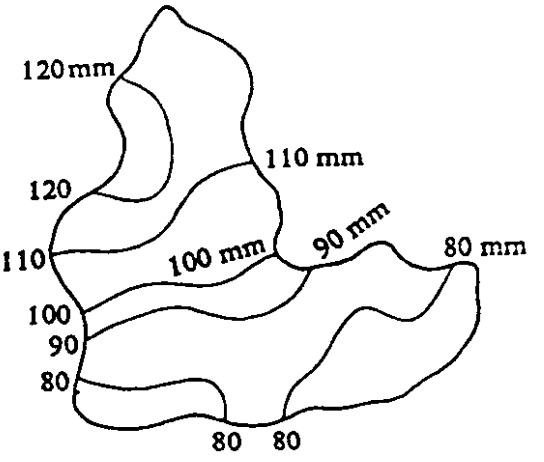
dimana :

$\bar{R}$ = Curah hujan daerah

$R_1, R_2 \ldots\ldots\ldots\ldots R_n$ = Curah hujan rata-rata pada bagian-bagian $A_1, A_2, \ldots\ldots\ldots\ldots A_n$

$A_1, A_2 \ldots\ldots\ldots\ldots A_n$ = luas bagian-bagian antara garis isohyet.

Cara ini adalah cara rasional yang terbaik jika garis-garis isohyet dapat digambar dengan teliti. Akan tetapi jika titik-titik pengamatan itu banyak dan variasi curah hujan di daerah bersangkutan besar, maka pada pembuatan peta isohyet ini akan terdapat kesalahan pribadi si pembuat data.



Gambar 2.3. Isohyet

2.3.2. MELENGKAPI DATA

Hasil pengukuran hujan yang diterima oleh pusat Meteorologi dan Geofisika dari tempat-tempat pengamatan hujan kadang-kadang ada yang tak lengkap, sehingga di dalam daftar hujan yang disusun ada data hujan yang hilang. Tidak tercatatnya data hujan oleh petugas ditempat pengamatan mungkin karena alat penakarnya rusak atau kelupaan petugas untuk mencatat atau sebab lain. Untuk melengkapi data yang hilang itu kita tidak dapat mengadakan perkiraan. Sebagai dasar untuk perkiraan ini digunakan data hujan dari tiga tempat pengamatan yang berdekatan dan mengelilingi tempat pengamatan yang datanya tidak lengkap. Kalau titik-titik itu tadi selisih antara hujan-hujan tahunan normal dari tempat pengamatan yang datanya tak lengkap itu kurang dari 10 % maka perkiraan data yang hilang boleh diambil harga rata-rata hitung dari data-data tempat-tempat pengamatan yang mengelilinginya. Kalau selisih itu melebihi 10 % diambil cara menurut perbandingan biasa yaitu :

$$r = 1/3 \left\{ \frac{R}{R_A} r_A + \frac{R}{R_B} r_B + \frac{R}{R_C} r_C \right\}$$

dimana :

R	=	Curah hujan rata-rata setahun di tempat pengamatan R datanya harus lengkap.
r_A, r_B, r_C	=	curah hujan ditempat pengamatan RA, RB, RC
R_A, R_B, R_C	=	curah hujan rata-rata setahun di A,B dan C

2.3.3. KALA ULANG HUJAN

Suatu data hujan adalah (x) akan mencapai suatu harga tertentu/ disamai (x_1) atau kurang dari (x_1) atau lebih/dilampaui dari (x_1) dan diperkirakan terjadi sekali dalam kurun waktu T tahun, maka T tahun ini dianggap sebagai periode ulang dari (x_1).

Contoh : $R_{20h} = 115$ mm.

Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkap hujan yang akan dikeringkan.

Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan :

- saluran kwarter : periode ulang 1 tahun
- saluran tersier : periode ulang 2 tahun
- saluran sekunder : periode ulang 5 tahun
- saluran primer : periode ulang 10 tahun

Penentuan periode ulang juga didasarkan pada pertimbangan ekonomis. Berdasarkan prinsip dalam penyelesaian masalah drainasi perkotaan dari aspek hidrologi, sebelum dilakukan analisis frekwensi untuk mendapatkan besaran hujan dengan kala ulang tertentu harus dipersiapkan rangkaian data hujan berdasarkan pada durasi harian, jam-jaman atau menitan.

Analisis frekwensi terhadap data hujan yang tersedia dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain Gumbell, Log Normal, Log Person III dan sebagainya.

2.3.4. ANALISIS INTENSITAS HUJAN

Data curah hujan dalam suatu waktu tertentu (beberapa menit) yang tercatat pada alat otomatik dapat dirubah menjadi intensitas curah hujan per jam.

Umpamanya untuk merubah hujan 5 menit menjadi intensitas curah hujan per jam, maka curah hujan ini harus dikalikan dengan 60/5. Demikian pula untuk hujan 10 menit dikalikan dengan 60/10.

Menurut Dr. Mononobe intensitas hujan (I) di dalam rumus rasional dapat dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{t_c}\right]^{2/3} \quad \text{mm/jam}$$

dimana :

R = Curah hujan rancangan setempat dalam mm

t_c = Lama waktu konsentrasi dalam jam

I = Intensitas hujan dalam mm/jam

2.4. DEBIT RANCANGAN DENGAN METODE RASIONAL

Asumsi dasar yang ada selama ini adalah bahwa kala ulang debit ekivalen dengan kala ulang hujan. Debit rencana untuk daerah perkotaan umumnya dihendaki pembuangan air yang secepatnya, agar jangan ada genangan air yang berarti. Untuk memenuhi tujuan ini saluran-saluran harus dibuat cukup sesuai dengan debit rancangan.

Faktor-faktor yang menentukan sampai berapa tinggi genangan air yang diperbolehkan agar tidak menimbulkan kerugian yang berarti, adalah :

1. berapa luas daerah yang akan tergenang (sampai batas tinggi yang di-perbolehkan)
2. berapa lama waktu penggenangan itu.

Suatu daerah perkotaan umumnya merupakan bagian dari suatu daerah aliran yang lebih luas, dan di daerah aliran ini sudah ada sisten drainase alami. Perencanaan dan pengembangan sistem bagi suatu daerah perkotaan yang baru harus diselaraskan dengan sistem drainase alami yang sudah ada, agar keadaan aslinya dapat dipertahankan sejauh mungkin.

Besarnya debit rencana dihitung dengan memakai metode Rasional kalau daerah alirannya kurang dari 80 Ha. Untuk daerah aliran yang lebih luas sampai dengan 5000 Ha dapat digunakan metode rasional yang diubah. Untuk luas daerah yang lebih dari 5000 ha digunakan hidrograf satuan atau metode rational yang diubah.
Rumus metode rasional :

$$Q = \alpha . \beta . I . A$$

dimana :

Q : Debit rencana dengan masa ulang T tahun dalam m^3 / dt
α : Koefisien pengaliran
β : Koefisien penyebaran hujan
I : Intensitas selama waktu konsentrasi dalam mm/jam
A : Luas daerah aliran dalam Ha

Koefisien Pengaliran (α)

Koefisien pengaliran merupakan nilai banding antara bagian hujan yang membentuk limpasan langsung dengan hujan total yang terjadi. Besaran ini

dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan di kemudian hari.

Besarnya koenfisien pengaliran dapat diambil sebagai berikut :

Perumahan tidak begitu rapat	20 rumah/Ha	0,25 – 0,40
Perumahan kerapatan sedang	20-60 rumah/ha	0,40 – 0,70
Perumahan rapat	60-160 rumah/Ha	0,70 – 0,80
Taman dan daerah rekreasi		0,20 – 0,30
Daerah industri		0,80 – 0,90
Daerah perniagaan		0,90 – 0,95

Koefisien penyebaran hujan (β)

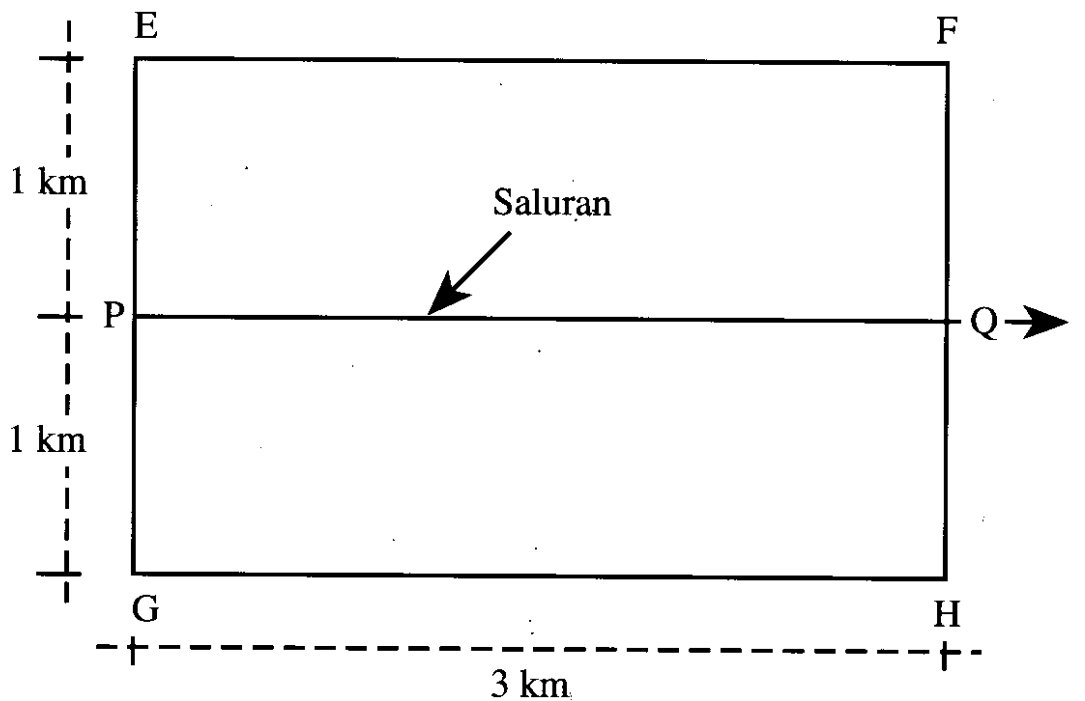
Koefisien penyebaran hujan (β) merupakan nilai yang digunakan untuk mengoreksi pengaruh penyebaran hujan yang tidak merata pada suatu daerah pengaliran. Nilai besaran ini tergantung dari kondisi dan luas daerah pengaliran. Untuk daerah yang relatif kecil biasanya kejadian hujan diasumsikan merata. Sehingga nilai koefisien penyebaran hujan $\beta = 1$

Tabel 2.2. Koefisien Penyebaran Hujan

Luas Daerah Pengaliran (km^2)	Koefisien Penyebaran Hujan (*B*)
0 - 4	1
5	0.995
10	0.980
15	0.955
20	0.920
25	0.875
30	0.820
50	0.500

SOAL LATIHAN

1. Bagaimana prosedur pendekatan untuk penyelesaian problem drainase suatu daerah perkotaan ditinjau dari aspek hidrologi.
2. Berikan ulasan dan contoh perhitungan untuk menentukan besaran intenitas hujan pada suatu daerah aliran apabila diketahui data hujan harian dengan kala ulang 2 tahun R = 42 mm, waktu konsentrasi pada daerah aliran tersebut Tc = 1,2 jam.
3. Suatu daerah pusat perniagaan dengan suatu bentuk titik Q sebagai titik ..... kontrol keluaran. Saluran drainase berada di tengah-tengah areal dengan kemiringan saluran sebesar 4%, kecepatan aliran di atas permukaan tanah diperkirakan sebesar 0.15 m/dt. Jika terjadi hujan merata pada aerah aliran tersebut dengan intensitas sebesar 10 mm/jam, tentukan besarnya debit maksimum untukmerancang dimensi saluran drainasinya.



PENYELESAIAN

1. Prosedur pendekatan untuk penyelesaian problem drainase suatu daerah perkotaan ditinjau dari aspek hidrologi dilakukan tahapan berikut ini :

   a. Memahami sasaran yang hendak dicapai meliputi toleransi tentang :
      - tinggi genangan
      - luas genangan
      - lama berlangsungnya genangan

   b. Inventarisasi data untuk memahami kondisi fisik dan ling-kungan dari daerah tinjauan meliputi data :
      - topografi
      - tataguna lahan pada saat ini dan kemungkinan per-kembangannya di masa yang akan datang.
      - sistem drainase yang sudah ada.

   c. Rencanakan alternatif penyelesaian khususnya pada aspek hidrologi meliputi :
      - penentuan durasi hujan
      - penentuan kala hujan ulang
      - penentuan debit rancangan

2. a. langkah-langkah untuk menetapkan besaran intensitas hujan :
      - Menentukan besaran hujan rancangan dengan kala ulang sesuai dengan debit rancangan yang dikehendaki.
      - Menganalisis besaran hujan rancangan dengan kala ulang tertentu menjadi bentuk intensitas hujan.

   b. Contoh hitungan :

      Rumus Mononobe :

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{2/3}$$

$$R = 42 \text{ mm}$$

$$t_c = 1{,}2 \text{ Jam}$$

$$I = \frac{42}{24} \left[\frac{24}{1.2} \right]^{2/3}$$

$$= 12.894 \text{ mm/jam}$$

3. a. Asumsi arah aliran : E/G ------> P -------> Q

Koefisien daerah pengaliran untuk daerah perniagaan pada tabel $\alpha = 0.9$

Luas daerah pengalian :

$$A = 2 \times 3 = 6 \text{ km}^2$$

menurut tabel koefisien penyebaran hujan $\beta = 0.992$

Waktu Konsentrasi : tc = to + td

to : kecepatan di atas tanah Vo = 0.15 m/dt

EP = 1000 m —> to = EP/ Vo

= 1000 / 0.15

= 6666.67 det

td : Kemiringan saluran 4 %, menurut tabel :

Vd = 0.9 m/dt

PQ = 3000 m —> td = PQ / Vo

= 3000 / 0.9

= 3333.33 det

Waktu konsentrasi : tc = 6666.67 + 3333.33 = 10000 det

= 166.67 menit

Debit aliran maksimum menurut metode rasional terjadi apabila lama hujan yang terjadi lebih besar atau sama dengan waktu konsentrasi, artinya akumulasi air hujan seluruh daerah pengaliran secara bersama-sama melewati titik kontrol.

$$Q = \alpha \times \beta \times I \times A$$

$$= 0.9 \times 0.992 \times 10 / 1000 / 3600 \times 6 \times 1000000$$

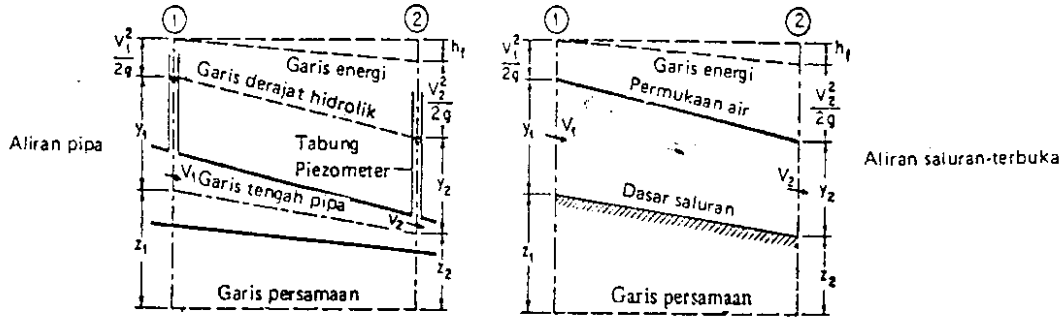
$$= 14.88 \text{ m}^3 / \text{dt}.$$

Bab 3
Aspek Hidrolika

3.1. UMUM

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka (open channel flow) maupun saluran tertutup (pipe flow).

Pada aliran saluran terbuka terdapat permukaan air yang bebas (free surface), permukaan bebas ini dapat dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung. Sedangkan pada aliran pipa tidak terdapat permukaan yang bebas, oleh karena seluruh saluran diisi oleh air. Pada aliran pipa permukaan air secara langsung tidak dipengaruhi oleh tekanan udara luar, kecuali hanya oleh tekanan hidraulik yang ada dalam aliran saja.



Gambar 3.1. Perbandingan Antara Aliran Pipa Dengan Aliran Saluran Terbuka

Pada aliran pipa dua tabung piezometer dipasangkan pipa yaitu pada penampang 1 dan 2. Permukaan air dalam tabung diatur dengan tekanan dalam pipa pada ketinggian yang disebut garis derajad hidraulik (Hydraulic Grade Line). Tekanan yang ditimbulkan oleh air pada setiap penampang ditunjukkan dalam tabung yang bersesuaian dengan kolom air setinggi y di atas garis tengah pipa. Jumlah energi dalam aliran dipenampang berdasarkan suatu garis persamaan yang disebut Garis Derajat Energi (Energy Line), yaitu jumlah dari tinggi tempat z diukur dari garis tengah pipa, tinggi tekanan y dan tinggi kecepatan $V^2/2g$, dimana V adalah kecepatan rata-rata aliran dalam pipa. Energi yang hilang ketika air mengalir dari penampang 1 ke penampang 2 dinyatakan dengan hf.

Pada aliran saluran terbuka untuk penyederhanaan dianggap bahwa aliran sejajar, kecepatannya beragam dan kemiringan kecil. Dal hal ini permukaan air merupakan garis derajat hidraulik dan dalamnya air sama dengan tinggi tekanan. Meskipun kedua jenis aliran hampir sama, penyelesaian masalah aliran dalam saluran terbuka jauh lebih sulit dibandingkan dengan aliran dalam pipa tekan, oleh karena kedudukan permukaan air bebas cenderung berubah sesuai dengan waktu dan ruang, dan juga bahwa kedalaman aliran, debit, kemiringan dasar saluran dan kedudukan permukaan bebas saling bergantung satu sama lain.

Aliran dalam suatu saluran tertutup tidak selalu bersifat aliran pipa. Apabila terdapat permukaan bebas, harus digolongkan sebagai aliran saluran terbuka. Sebagai contoh, saluran drainase air hujan yang merupakan saluran tertutup, biasanya dirancang untuk aliran saluran terbuka sebab aliran saluran drainase diperkirakan hampir setiap saat, memiliki permukaan bebas.

3.2. ALIRAN AIR PADA SALURAN TERBUKA.

3.2.1. JENIS ALIRAN.

Penggolongan jenis aliran berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan perubahan ruang dan waktu.

A. Aliran tunak (Steady flow)

Aliran tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk selang waktu tertentu. Aliran tunak diklasifikasikan menjadi :

1. **Aliran seragam (uniform flow)**

   Aliran saluran terbuka dikatakan seragam apabila kedalaman air sama pada setiap penampang saluran.

2. **Aliran berubah (varied flow)**

   Aliran saluran terbuka dikatakan berubah apabila kedalaman air berubah di sepanjang saluran.

   a). **Aliran berubah lambat laun.**
   Aliran saluran terbuka dikatakan berubah lambat laun apabila kedalaman aliran berubah secara lambat laun.

   b). **Aliran berubah tiba-tiba**
   Aliran saluran terbuka dikatakan berubah tiba-tiba apabila kedalaman aliran berubah tiba-tiba apabila kedalaman berubah secara tiba-tiba.

B. Aliran tidak tunak (unsteady flow)

Aliran tidak tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu. Banjir merupakan salah satu contoh aliran tidak tunak. Aliran tidak tunak diklasifikasikan :

1. **Aliran seragam tidak tunak *(unsteady uniform flow)***

   Aliran saluran terbuka dimana alirannya mempunyai permukaan yang berfluktuasi sepanjang waktu dan tetap sejajar dengan dasar saluran. Aliran ini jarang dijumpai dalam praktek.

2. **Aliran berubah tidak tunak *(unsteady varied flow)***

   Aliran saluran terbuka dimana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang.

   a. Aliran tidak tunak berubah lambat laun.

   Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara lambat laun.

b. Aliran tidak tunak berubah tiba-tiba

Aliran saluran terbuka di mana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara tiba-tiba.

3.2.2. SIFAT-SIFAT ALIRAN.

Kekentalan dan gravitasi mempergaruhi sifat atau perilaku aliran pada saluran terbuka. Tegangan permukaan air dalam keadaan tertentu dapat pula mempergaruhi perilaku aliran, tetapi pengaruh ini tidak terlalu besar dalam masalah saluran terbuka pada, umumnya yang ditemui dalam dunia perekayasaan.

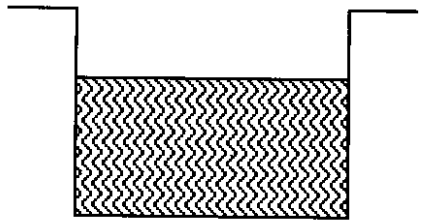
a. Aliran laminer

Aliran saluran terbuka dikatakan lemier apabila gaya kekentalan (viscosity) relatif sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Butir-butir air bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus, dan selapis cairan tipis seolah-olah menggelincir diatas lapisan lain.

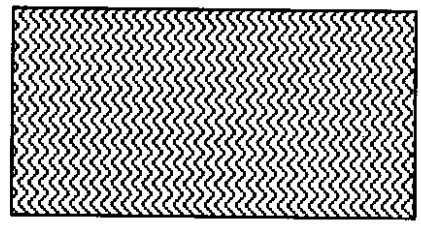
b. Aliran turbulen.

Aliran saluran terbuka dikatakan turbulen apabila gaya kekentelan relatif lemah dibandingkan dengan gaya inersia. Butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar dan tidak tetap, walaupun butir-butir tersebut tetap bergerak maju didalam aliran secara keseluruhan.

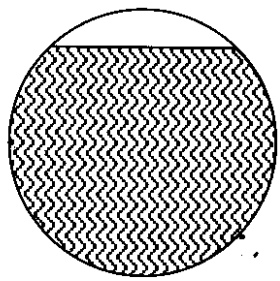
Aliran laminer akan terjadi dalam aliran saluran terbuka untuk harga-harga bilangan Reynold Re yang besarnya 2000 atau kurang. Aliran bisa menjadi leminer sampai ke Re = 10.000. Untuk aliran saluran terbuka, Re = 4 R V/v, dimana R adalah jari-jari hidraulik.



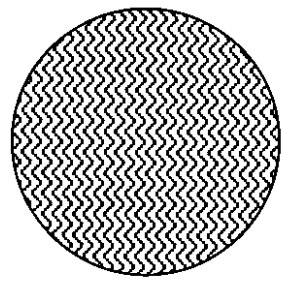
Segi Empat



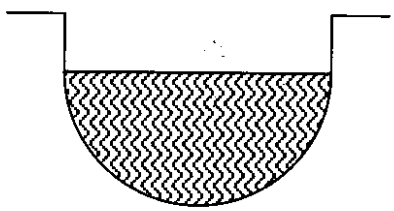
Segi Empat



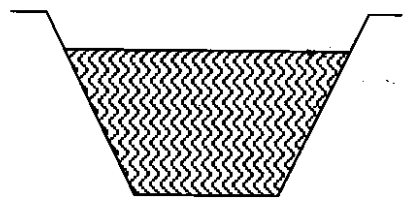
Bulat, Tidak Penuh



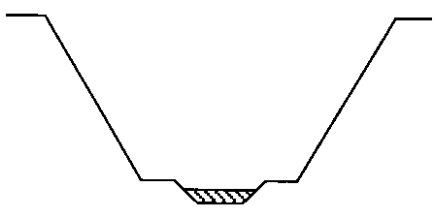
Bulat, Penuh



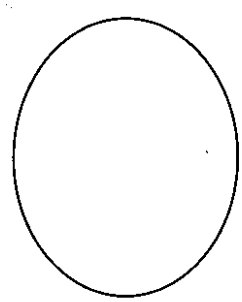
Setengah Lingkaran



Trapesium



Profil Tersusun



Profil Bulat Telur

3.2.3. BENTUK-BENTUK PENAMPANG MELINTANG.

Ada beberapa macam bentuk penampang melintang saluran yang biasa digunakan dalam perencanaan saluran drainase. Macam - macam bentuk penampang saluran dapat dilihat pada gambar - gambar berikut.

3.2.4. RUMUS-RUMUS

Kecepatan dalam saluran

a. *CHEZY* (untuk aliran tunak yang seragam)

$$V = C\ (RS)^{1/2}$$

dimana :

V = kecepatan rata-rata dalam m/d
C = koefisien Chezy ($m^{1/2}$)
R = jari-jari hidrolik
S = kemiringan dari permukaan air atau dari gradien energi atau dari dasar saluran ; garis-garisnya sejajar untuk aliran mantap yang merata.

b. *KOEFISIEN C* dapat diperoleh dengan menggunakan salah satu dari pernyataan berikut :

$$C = (8g/f)^{1/2}$$

KUTTER ;

$$C = \frac{23 + \frac{0{,}00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}}\left(23 + \frac{0{,}00155}{S}\right)}$$

MANNING ;

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

BAZIN ;

$$C = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$$

POWEL ; $C = \boxed{\frac{(ft^{1/2})}{S} = -42 \log \left(\frac{C}{Re} + \frac{\epsilon}{P} \right).}$

e. *DEBIT PEMBUANGAN (Q)* untuk aliran mantap (tunak) merata, dalam suku-suku rumus Manning adalah :

$$\boxed{Q = AV = A/n\ R^{2/3}S^{1/2}}$$

Kondisi debit pembuangan berfluktuasi sehingga perlu memperhatikan perihal kecepatan aliran (V). Diupayakan agar pada saat debit pembuangan KECIL masih dapat MENGANGKUT SEDIMEN, dan pada keadaan debit BESAR aman dari bahaya EROSI.

Syarat-syarat yang berhubungan dengan aliran mantap merata disebut sebagai aliran normal.

f. *HEAD LOSS (h_L)*, atau kehilangan energi dinyatakan dalam rumus Manning adalah :

$\boxed{h_L = \frac{(Vn)^2 L,}{R^{2/3}}}$ menggunakan $S = h_L/L$

Untuk aliran tak merata (berubah-ubah), harga rerata dari V dan R bisa digunakan dengan ketelitian yang masih masuk akal. Untuk saluran yang panjang, dengan pendekatan saluran pendèk di mana perubahan-perubahan kedalamannya kira-kira sama besarnya.

g. *DISTRIBUSI TEGAK* dari *KECEPATAN*

Distribusi tegak dari kecepatan dalam suatu saluran terbuka lebar kedalam rerata y_m distribusi kecepatannya biasa dinyatakan sebagai :

$$v = \frac{qS}{\upsilon}(yy_m - 0{,}5y^2) \text{ atau } v = pqS\,(yy_m - 0{,}5\,y^2)$$

Dan kecepatan rerata V yang diturunkan dari persamaan di atas menjadi :

$$v = \frac{qS\,y_m^2}{3v} \text{ atau } v = \frac{pqS\,y_m^2}{3\mu}$$

Untuk aliran turbulen merata dalam saluran terbuka lebar distribusi kecepatannya dinyatakan sebagai berikut :

$v = 2{,}5\ \sqrt{to/p}\ \ln\ (\ y\ /\ yo\ )$ atau $v = 5{,}75\ \sqrt{to/p}\ \log\ (y/yo)$

h. ENERGI SPESIFIK (E)

Didefinisikan sebagai energi persatuan berat (Nm/N) relatif terhadap dasar saluran yaitu :

E = kedalaman + Head kecepatan = $y + V^2/2g$

Sebuah pernyataan yang lebih pasti dari suku energi kinetiknya akan merupakan :

$$a.\ V^2/2g$$

dengan a sebagai faktor koreksi energi kinetik dalam suku-suku laju aliran q per satuan lebar b (yaitu q = Q/b)

$$\boxed{E = y + (1/2g)\ (q/y)^2}$$

atau

$$q = \sqrt{2g(y^2E - y^3)}$$

Untuk aliran rerata, energi spesifiknya selalu tetap dari bagian ke bagian. Untuk aliran tak merata energi spesifiknya sepanjang. Dengan saluran bisa naik bisa turun.

i. KEDALAMAN KRITIS

Kedalam kritis yc untuk suatu aliran satuan tetap q dalam saluran segiempat terjadi bila energi spesifiknya minimum. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$\boxed{y_c = (q^2/g)^3 = 2/3\ E_c = V^2c/g}$$

Kenyataan ini bisa disusun kembali untuk memberikan :

$V_c = (\ gy_c)^{1/2}$ atau $V_c\ /\ (gy_c)^{1/2} = 1$ untuk aliran kritis.

Jadi bila bilangan tersebut $N_f = 1$, terjadi aliran kritis, jika $N_f > 1$, terjadi aliran super kritis atau aliran deras, dan jika $N_f < 1$, terjadi aliran sub kritis atau aliran tenang.

j. ALIRAN SATUAN MAKSIMUM

Aliran satuan maksimum atau Q maka dalam saluran segiempat untuk setiap energi spesifik E tertentu, adalah :

$$q_{max} = (gy_c^3)^{1/2} = [\ g(2/3.\ E)^3\ ]^{1/2}.$$

Untuk aliran kritis di dalam saluran bukan segiempat adalah :

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{b} \quad \text{atau} \quad \frac{Q^1 b'}{gA_c^3} = 1$$

dimana : b' adalah lebar permukaan airnya atau bisa disusun kembali dengan membagi dengan A_c^2,

sebagai berikut :

$$V_c^2/g = A_c/b' \text{ atau } V_c = (gA_c/b')^{1/2} = \sqrt{gy_m}$$

dimana suku ac/b disebut kedalaman rerata Ym

k. ALIRAN TAK MERATA

Untuk aliran tak merata, suatu saluran terbuka biasanya dibagi ke dalam panjang-panjang L yang disebut daerah-daerah untuk studi. Untuk menghitung kurva-kurva air yang dibendung, persamaan energinya :

$$L = \frac{(V_2^2 + Y_2)/S_0 - S}{2g} = \frac{(V_1^2 + Y_1)/S_0 - S}{2g} = \frac{E^2 - E^1}{So - S} = \frac{E^1 - E^2}{So - S}$$

dimana :

S_0 = kemiringan dasar saluran

S = kemiringan gradien energi

Untuk daerah-daerah yang berurutan dimana perubahan kedalamannya kira-kira sama, gradien energi S bisa ditulis sebagai berikut :

$$S = \left(\frac{n\ V\ \text{rerata}}{R^{2/3}\ \text{rerata}}\right)^2 \text{ atau } \frac{V^2\ \text{rerata}}{C^2 R\ \text{rerata}}$$

Profil permukaan untuk kondisi aliran yang berubah perlahan-lahan dalam saluran segiempat lebar bisa dianalisa dengan menggunakan pernyataan :

$$\frac{dy}{dL} = \frac{(S0 - S)}{(1 - V^2/gy)}$$

Suku dy/dL menyatakan kemiringan permukaan air relatig terhadap dasar saluran. Jadi jika dy/dL Positif, kedalamannya ke arah hilir.

l. LOMPATAN HIDROLIK

Lompatan hidrolik terjadi bila suatu aliran super kritis berubah menjadi aliran sub kritis. Dalam ha-hal seperti itu ketinggian permukaan air naik secara tiba-tiba dalam arah alirannya. Untuk suatu aliran tetap sebuah saluran segiempat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\frac{g^2}{g} = y_1 y_2 \left(\frac{y_1 + y_2}{2}\right)$$

3.3. ALIRAN AIR PADA SALURAN TERTUTUP

3.3.1. JENIS ALIRAN.

Ketentuan-ketentuan mengenai tahanan aliran bagi saluran tertutup yang penuh adalah tidak dengan yang berlaku pada saluran terbuka. Persamaan tahanan dapat diturunkan bagi setiap kasus dengan menyamakan gaya geser yang menahan di perbatasan dengan gaya penggerak yang berkerja pada arah normal terhadap saluran.

Aliran dalam saluran terbuka digerakkan oleh gaya penggerak yang dilakukan oleh jumlah berat aliran yang mengalir menuruni lereng. Dalam saluran tertutup gaya pengerak tersebut dilakukan oleh gradien tekanan.

Berbeda dengan aliran air pada saluran terbuka, maka pada saluran tertutup hanya terdapat satu jenis aliran yaitu aliran tunak (steady flow)

3.3.2. SIFAT ALIRAN

Ada dua jenis aliran tunak dalam aliran air dalam saluran tertutup (pipa). Aliran-aliran tersebut dinamakan aliran laminer dan aliran turbulen.

a. Bilangan Reynold.

Aliran dari suatu zat cair dalam pipa adalah laminer atau turbulen dan bisa dibedakan sesuai dengan nilai dari bilangan Reynold. Bilangan Reynold (R) ini adalah tak berdimensi, dan sama dengan hasil kali kecepatan karakteristik dari sistem, dibagi dengan kecepatan kinematik dari cairan, kesemuanya dinyatakan dengan satuan yang konsisten.

$$Re = \frac{Vd_0}{\mu} \text{ atau } \frac{Vd}{v} = \frac{V(2r_0)}{v}$$

dimana :

Re = adalah angka Reynold (tak berdimensi)
d = adalah diameter bagian dalam dari pipa (m)
V = adalah kecepatan aliran (m/dt)
dan v = adalah kekenyalan kinematik dari zat alir (m2/dt).
h = kekentalan mutlak dalam pa dtk

b. Aliran Laminer.

Pada aliran laminer partikel - partikel zat cair bergerak di sepanjang lintasan-lintasan lurus, sejajar dalam lapisan-lapisan. Besarnya kecepatan-kecepatan dari lapisan-lapisan yang berdekatan tidak sama. Aliran laminer diatur oleh hukum yang menghubungkan tegangan geser ke laju perubahan bentuk sudut. yaitu hasil kali kekentalan zat cair dan gradien kecepatan atau $r = \mu\ dv/dy$. Kekentalan zat cair tersebut dominan dan karenanya mencegah setiap kecenderungan menuju kondisi-kondisi turbulen.

Kecepatan kritis yang punya arti pentingbagi praktisi adalah kecepatan di bawah mana semua turbulensi diredam oleh kekentalan zat alirnya. Telah ditemukan bahwa batas atas aliran laminer yang mempunyai arti penting dinyatakan oleh suatu bilangan Reynolds sebesar 2000. Aliran zat cair yang bilangan Reynolds-nya berada pada 2000 - 4000 akan berubah dari laminer menjadi turbulen.

Untuk irisan-irisan penampang yang tak bundar,perbandingan luas irisan penampang terhadap keliling yang basah,disebut jari-jari hidraulik R (dalam m), digunakan dalam bilangan Reynolds. Pernyataan tersebut menjadi :

$$R = \frac{V\ (4R)}{v}$$

c. Aliran Turbulen

Karakteristik aliran turbulen adalah sangat penting mengingat hampir semua aliran dalam drainase berada dalam kategori aliran turbulen. Koefisien yang berlaku untuk kondisi turbulen, bila rumus hidrolika dengan bilangan reynolds akan digunakan, berubah sesuai dengan kekasaran dinding pipa maupun kekenyalan dan kerapatan dari zat alirnya.

Aliran turbulen dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Aliran dalam pipa mulus
2. Aliran dalam pipa relatif kasar, pada kecepatan tinggi dianggap sepenuhnya kasar.
3. Aliran pada daerah diantara kedua kondisi tersebut.

Hampir semua masalah hidrolika yang biasa, dihubungkan dengan aliran dalam katagori yang terakhir ini.

3.3.3. *RUMUS - RUMUS*

a. Kehilangan head Akibat Geser, dalam pipa.

Rumus yang ditetapkan untuk aliran laminer dari cairan dalam pipa dapat ditentukan secara rasional. Dilain pihak, hukum yang mengendalikan aliran turbulensi harus diperkirakan, karena gejala turbulensi itu sendiri belum sepenuhnya difahami. Chezy (1775) menyatakan bahwa kehilangan tekanan dalam aliran air di dalam pipa berubah sesuai dengan akar dari kecepatan. Hampir satu abab kemudian DARCY - WEISBBACH dan yang lain-lainnya menerima hipotesis Chezy dan mengusulkan yang sekarang dikenal sebagai rumus Chezy Weisbach :

$$hf = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

dimana :

hf = Energi yang hilang karena geseran, L = Panjang pipa (m)

D = Garis tengah bagian dalam pipa (m),

f = Koefisien Darcy - Weisbach, tanpa dimensi (= Friction factor), g = Konstant gravitasi pada percepatan terjun bebas (m/detik^2), 9,8 m/dt^2.

Faktor geseran f tergantung pada nilai bilangan Reynolds (R) dari nilai dari angka tanpa dimensi k/d yang mewakili kekasaran relatif dinding pipa, dimana k merupakan ekivalensi dari kekasaran dinding (m). Pengiraan besarnya nilai f akan diutarakan pada uraian berikutnya.

Banyak metode untuk mengira faktor geser pipa (f). Telah diterima secara umum sekarang ini bahwa persamaan Colebrook - White adalah yang terbaik untuk dipakai, karena persamaan tersebut menerangkan faktor geser pipa secara tepat, yang mencakup keseluruhan macam turbulensi, untuk pipa-pipa komersial.

Gaun persamaannya :

$$Lf = -0{,}86 \log e \left(\frac{k}{37D} + \frac{2{,}5}{Nr\sqrt{f}} \right)$$

Harus diselesaikan secara iterai, untuk mendapatkan faktor geser dari kekasaran dinding ; ratio tinggi/garis tengah k/d, dan bilangan Reynolds.

$$Nr = \frac{VD}{\nu}$$

dimana :

V = Kecepatan

ν = Kekentalan kinematik

Tebel dan gambar tersedia untuk membantu memecahkan masalah ini.

Ada juga persamaan lain yang diturunkan oleh Barr (1975) dan Swamee dan Jain (1976) yang sebanding dengan persamaan Colebrook - White sampai 1 atau 2 %.

Persamaan-persamaan tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai f tanpa iterasi.

Persamaannya Baru adalah :

$$f = \frac{1.325}{\left\{\log e \left(\frac{C}{3,7D}\frac{K}{} + \frac{5,13}{Nr^{0.86}}\right)\right\}^2}$$

Persamaan Swamee dan Jain adalah :

$$f = \frac{1.325}{\left[\log e \left(\frac{K}{3,7D} + \frac{5,74}{Nr^{0.9}}\right)\right]}$$

b. Kehilangan head pada Pipa ekivalen, bersambung, beruntai dan bercabang.

Sebuah pipa ekivalen dengan pipa lainnya atau dengan suatu sistem pipa bila, untuk suatu head turun tertentu, dihasilkan aliran yang sama dalam pipa ekivalen itu seperti yang telah dihasilkan dalam sistem tersebut. Seringkali terbukti lebih mudah untuk mengganti suatu sistem yang rumit dengan sebuah pipa ekivalen tunggal.

Pipa-pipa bersambung terdiri dari pipa-pipa dari beberapa ukuran yang berhubungan seri.

Pipa-pipa beruntai terdiri dari dua atau lebih pipa yang bercabang dan kembali bertemu di arah hilirnya (sejajar),

Pipa-pipa bercabang terdiri dari dua atau lebih pipa yang bercabang dan tidak kembali bertemu dihilirnya.

Untuk menyelesaikan permasalahan ini dapat digunakan Rumus HAZEN - WILLIAMS, rumus pembuangannya adalah :

$$Q = 0.2785\ C1\ d^{2.63}\ S^{0.54}$$

dimana :

Q = Aliran dalam m^3/dt
d = Garis tengah pipa bagian dalam (m)
S = Kemiringan Gradien Hidraulik
C1 = Koenfisien kekasaran ralatif Hazen - Williams. (didasarkan pada tabel lampiran)

Untuk mendapatkan head (tinggi tekanan) yang turun dapat diperoleh dengan menggunakan diagram B (pada lampiran). Dalam diagram B ioni aliran Q dinyatakan dalam juta gallon per hari (million gallons per day) = mgd.

Faktor konversinya adalah :

$$1 \text{ mgd} = 1{,}547 \text{ cfs} = 0.0438 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Untuk menyelesaikan perhitungan kehilangan head tinggi tekanan yang turun akibat adanya perubahan bentuk pipa dapat pula digunakan rumus BERNOULLI. yaitu :

Head turun total $$h = \frac{(\Sigma K + f)\, L.V^2}{d.2g}$$

dimana :

h = Head turun total (m)
f = Koefisien geser dalam pipa
d = Diameter dalam pipa (m)
g = Percepatan gravitasi, 9,8m2/dt
k = Koefisien kontraksi
untuk patokan harga K dapat dilihat pada tabel lampiran.

Pendekatan yang dipakai di Indonesia dalam merancang drainase perkotaan msih menggunakan cara konvensional, yaitu dengan menggunakan saluran terbuka. Apabila digunakan saluran yang ditanam dalam tanah, yang biasanya berbentuk bulat atau persegi, maka diasumsikan agar saluran tersebut penuh secukupnya dalam arti tidak tertekan, sehingga masih dapat dipergunakan persamaan saluran terbuka. Rumus Manning biasanya digunakan untuk memperlihatkan kehilangan tekanan akibat geser dalam saluran tertutup.

Perencanaan sistem drainase air hujan di negara -negara yang sudah maju ada kecenderungan pemakaian pipa, dengan menggunakan prinsip aliran di saluran tertutup. Karena cara ini menggunakan saluran tertutup, sehingga alirannya tertekan, keuntungannya dimensi yang diperlukan dapt diturunkan, terutama di daerah terjal.

Untuk aliran bertekanan, persamaan Manning hanya diterapkan pada daerah yang betul-betul kasar. Oleh karena itu rumus tersebut sering tidak bisa diterapkan untuk berbagai kasus aliran bertekanan " dan karenanya jarang dipakai. Persamaan oleh brooke - white itu yang disarankan. Bila merancang untuk aliran yang bertekanan, maka besar kehilangan energi disumuran perlu diperkirakan secara tepat, karena gejala tersebut sangat berarti pada situasi aliran tertekan. Sumber utama dari data untuk kehilangan energi di sumuran adalah Gambar Missouri" dari Sangster, Word, Smerdon dan Bossy (1958). Gambar tersebut diturunkan dari model test hidrolika sebagai contoh dibawah ini ditunjukan rancangan dari sebuah aliran tertekan digambarkan pada gambar 3.3.3.

3.4 BAGUNAN AIR

a. Bangunan Gorong-gorong

Bangunan gorong-gorong ini dimaksudkanb untuk meneruskan aliran air buangan yang melintas dibawah jalan raya. Dalam merencanakan gorong-gorong ini perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

* harus cukup besar untuk melewatkan debit air maksimum dari daerah pengaliran secara efisien
* Kemiringan dasar gorong-gorong dibuat lebih besar dari saluran pembuangannya, dimaksudkan agar dapat menggelontor sedimen.
* Keadaan aliran pada gorong-goring.

Dikenal ada 2 keadaan aliran gorong-gorong yakni "

- kendali inlet
- kendali outlet

Untuk setiap jenis pengendalian, rumus serta faktor yang berlainan harus digunakan. Adapun rumus - rumusnya sebagai berikut :

Rumus untuk gorong-gorong kotak yang pendek yang berpengedalian inlet telah diberikan oleh Henderson FM " Open Chanel Flow" (1966), yaitu :

- Bila Hw/D < 1,2 kira-kira permukaan air pada bagian masuk tidak akan menyinggung bagian atas dari lubang gorong-gorong oleh karena itu arus menjadi kritis.

Oleh karena itu debit maka debitnya adalah :

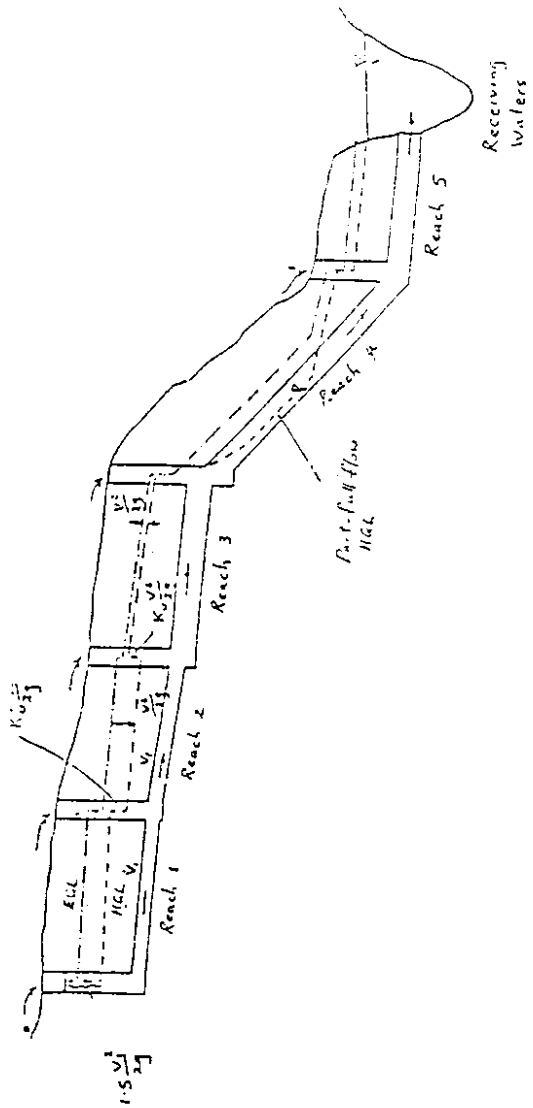
$$Q = 2/3\ Cb\ B\ Hw \sqrt{2/3\ g\ Hw} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (Hw/D < 1{,}2)$$

dimana :

B = lebar lubang

Cb = koefisien yang menyatakan pengaruh lebar penyempitan aliran.

Apabila tepi vertikalnya dibuat bulat dengan radius 0.1 B atau lebih, maka tidak akan ada penyempitan samping dan Cb = 1, Bila tepi vertikalnya dibiarkan tetap persegi : Cb = 0,9.



Gambar 3.3.3. Garis derajat energi dan Hidrolik dalam suatu sistem drainage pada Laju aliran Rencana tertentu; " Desain di bawah Tekanan"

Apabila Hw/D > 1,2 kira-kira permukaan air akan menyentuh bagian atas lubang gorong-gorong, dan untuk nilai ataunilai yang lebih besar dari 4, maka tempat masuk gorong-gorong akan berlalu pintu gesar.

Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa pengaruh kombinasi dari penyempitan vertikal maupun horizontal dapat diutarakan sebagai satu koefisien penyempitan, Cb, di bidang tegak, yang untuk dasar langit-langit" yang dibulatkan dan tepi vertikal adalah 0,8, sedangkan untuk tepi persegi adalah 0,6.

Debit bisa dihitung berdasarkan asumsi tersebut dengan memakai persamaan :

$Q = Ch.\ B.B\ \sqrt{2g(\ Hw - Cn\ D)}$ ..... (Hw/D > 1,2)

hasilnya akan berada antara 2 debit yang terukur untuk Hw/D > 1,2

3.5 PEMAKAIAN HIDROLIKA JADI PERENCANAAN DRAINASE

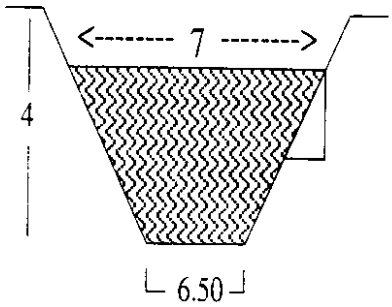
Yang perlu diperhatikan dalam perencanaan drainase dilihat dari sisi hidrolika adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan maksimum aliran agar ditentukan tidak lebih besar dari kecepatan maksimum yang diijinkan sehingga tidak terjadi kerusakan.
2. Kecepatan minimum aliran agar ditentukan tidak lebih kecil dari pada kecepatan minimum yang diijinkan sehingga tidak terjadi pengendapan dan pertumbuhan tanaman air.
3. Bentuk penampang saluran agar dipilih berupa segi empat, trapesium, lingkaran, bagian dari lingkaran, bulat telor, bagian dari bulat telor, atau kombinasi dari bentuk - bentuk diatas.
4. Saluran hendaknya dibuat dalam bentuk majemuk, terdiri dari saluran kecil dan saluran besar, guna mengurangi beban pemeliharaan.
5. Kelancaran pengaliran air dari jalan kedalam saluran drainase agar dilewatkan melalui lubang pematus yang berdimensi dan berjarak penempatan tertentu.
6. Dimensi bangunan pelengkap seperti gorong-gorong, pintu air dan lubang pemeriksaan agar ditentukan berdasarkan kriteria perancangan sesuai dengan macam kota, daerah dan macam saluran.

SOAL / LATIHAN :

1. Sebuah saluran drainase berpenampang trapesium lebar dasarnya 6,50 m dan kemiringan lerengnya 1:1, mengalir air yang dalamnya 1,25 m pada kemiringan 0,0009, untuk harga n = 0,025, berapakah kemampuan saluran tersebut untuk mengalirkan air ?

   Jawab :



$$Q = \frac{A.V = A \cdot R^{2/3}}{n} \; S^{1/2}$$

$$A = (6{,}50 + 1{,}25)\ 1{,}25 = 10{,}16\ m^2$$

$$R = \frac{10{,}16}{[\ 6{,}50 + 2\ (\ 1{,}25\ V\ 2\ ]} = 1{,}01\ m$$

$$Q = \frac{10{,}16\ (\ 1{,}01)^{2/3}\ (0{,}0009)^{0.5}}{0{,}025}$$

$$= 12{,}27\ m^3/dt$$

2. Sebuah saluran drainase berpenampang bulat (pipa) dipasang dengan kemiringan 0,00020 dan mengalirkan air sebesar 2,36 m^3/dt bila pipa tersebut mengalir 0,09 penuh, n = 0,015. Berapakah ukuran pipa yang dibutuhkan ?

   Jawab :

   Lihat gambar

$$\text{Dicari } R = A = \frac{\text{lingkaran - (sektor AOCE) - (segitiga AOCD)}}{\text{busur ABC}}$$

$$\text{Sudut } O = \text{Cos}^{-1}\ (0{,}40\ d/\ 0{,}50\ d) = \text{Cos}^{-1}\ 0{,}80$$

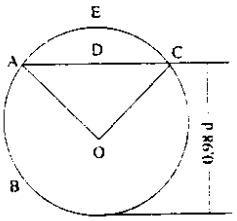
$$O = 36^0\ 52$$

$$\text{Luas sektor AOCE} = \frac{[\ 2\ (36^0 52)\ 1/4\ 11}{360^0} = 0{,}1612\ d^2$$

Panjang busur ABC $= \dfrac{11d^2 - [2\ (36^0 52)\ (\ 11\ d\ )}{360^0} = 2{,}498d$

Luas segitiga AOCD $= 2\ (1/2)\ (0.40D)\ (0{,}40d \tan 36^0 52)$

$= 0{,}1200\ d^2$



$R = \dfrac{1/4\ 11\ d\ -\ (0{,}1612\ d^2 = 0{,}120\ d^2)}{2{,}498d}$

$= \dfrac{0{,}7442\ d^2 = 0{,}298\ d}{2{,}498\ \ d}$

Menggunakan C Kutter (dimisalkan sebesar 55, untuk perhitungan pertama),

$Q = C\ A\ V\ RS$

$2{,}36 = 55\ (\ 0{,}7442\ d^2\sqrt{0{,}298.\ 0{,}0002}$

$d^{5/2} = 7{,}469,\ d = 2{,}235\ m$

Menguji C, R $= 0{,}298 \times 2{,}235 = 0{,}666m$

dari tabel memberikan C = 62, dihitung kembali

$d^{5/2} = 7{,}469\ (\ 55/62\ ) = 6{,}626$

$d = 2{,}13\ m.$

Menggunakan C Manning,

$Q = \dfrac{A.V = A.R^{2/3}.\ S^{1/2}}{n}$

$2{,}36 = \dfrac{(\ 0{,}7442\ \ d^2)\ (0{,}298\ d)^{2/3}\ (0{,}0002)^{1/2}}{0{,}015}$

$d^{8/3} = 7{,}56, \qquad d = 2{,}14\ m.$

TABEL 1

KECEPATAN ALIRAN AIR YANG DIIZINKAN BERDASARKAN JENIS MATERIAL

Jenis Bahan	Kecepatan aliran air yang diizinkan (m/detik)
Pasir Halus	0.45
Lempung kepasiran	0.50
Lanau aluvial	0.60
Kerikil halus	0.75
Lempung kokoh	0.75
Lempung padat	1.10
Kerikil kasar	1.20
Batu-batu besar	1.50
Pasangan batu	1.50
Beton	1.50
Beton bertulang	1.50

TABEL 2

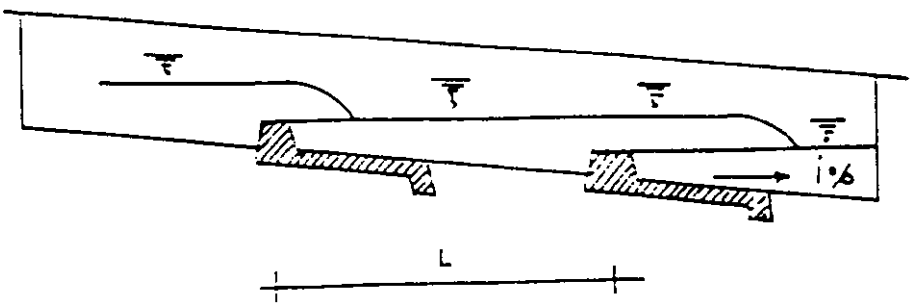
HUBUNGAN KEMIRINGAN SELOKAN SAMPING JALAN (i) DAN JENIS MATERIAL

Jenis material	Kemiringan selokan samping I (%)
Tanah Asli	0 - 5
Kerikil	5 - 7.5
Pasangan	7.5

TABEL 3

HUBUNGAN KEMIRINGAN SELOKAN SAMPING JALAN (i) DAN JARAK PEMATAH ARUS (L)

i	(%)	6%	7%	8%	9%	10%
L	(M)	16M	10M	8M	7M	6M



GAMBAR PEMATAH ARUS

TABEL 4

BEBERAPA HARGA RATA-RATA DARI n UNTUK PENGGUNAAN DALAM RUMUS KUITER DAN MANNING DAN M DALAM RUMUS BAZIN

Jenis Saluran Terbuka	n	m
Lapisan semen mulus, kayu datar terbaik	0.010	0.11
Kayu datar, saluran lapisan–kayu baru, besi tuang berlapis	0.012	0.20
Pipa selokan bening yang bagus, tembok -bata yang bagus, pipa beton biasa, kayu tak datar, saluran logam mulus	0.013	0.29
Pipa selokan tanah biasa dan pipa besi tulang, lapisan semen biasa	0.015	0.40
Kanal-kanal tanah, lurus dan terpelihara	0.023	1.54
Kanal-kanal tanah galian, kondisi biasa	0.027	2.36
Kanal-kanal yang dipahat dalam batu	0.040	3.50
Sungai dalam kondisi baik	0.030	3.00

TABEL 5

HARGA-HARGA FAKTOR PEMBUANGAN K' dalam $Q = (K'/n)b^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$ untuk SALURAN-SALURAN TRAPESIUM

(y = kedalaman aliran, b = lebar dasar saluran)

Kemiringan Sisi-sisi Penampang Saluran (mendatar terhadap tegak)

y/b	Tegak	1:4	1:2	3:4	1:1	3:2	2:1	5:2	3:1	4:1
0.01	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00046	0.00047	0.00047
0.02	0.00143	0.00145	0.00145	0.00146	0.00147	0.00148	0.00149	0.00149	0.00150	0.00151
0.03	0.00279	0.00282	0.00285	0.00287	0.00288	0.00291	0.00293	0.00295	0.00298	0.00302
0.04	0.00444	0.00451	0.00457	0.00461	0.00465	0.00471	0.00476	0.00482	0.00487	0.00495
0.05	0.00637	0.00649	0.00659	0.00667	0.00674	0.00686	0.00695	0.00705	0.00713	0.00731
0.06	0.00855	0.00875	0.00888	0.00902	0.00915	0.00929	0.00949	0.00962	0.00976	0.01009
0.07	0.01090	0.01117	0.01144	0.01164	0.01178	0.01211	0.01231	0.01258	0.01279	0.01326
0.08	0.01346	0.01386	0.01420	0.001447	0.01474	0.01514	0.01555	0.01588	0.01615	0.01682
0.09	0.01622	0.01676	0.01723	0.01763	0.001779	0.01815	0.01898	0.01945	0.01992	0.02086
0.10	0.01911	0.01978	0.02046	0.02093	0.02140	0.02214	0.02281	0.02342	0.02309	0.0253
0.11	0.02214	0.02308	0.02382	0.02450	0.02510	0.02604	0.02692	0.02779	0.02853	0.03015
0.12	0.02530	0.02645	0.02746	0.02826	0.02900	0.03028	0.03236	0.03244	0.03345	0.03546
0.13	0.02860	0.03001	0.03122	0.03230	0.03318	0.03472	0.03614	0.03742	0.03869	0.04125
0.14	0.03203	0.03378	0.03526	0.03647	0.03762	0.03950	0.04118	0.04280	0.04435	0.04751
0.15	0.03553	0.03762	0.03937	0.04092	0.04219	0.04455	0.04657	0.04852	0.05040	0.05417
0.16	0.03917	0.04166	0.04374	0.04549	0.04711	0.04980	0.05229	0.05458	0.05686	0.06137
0.17	0.04293	0.04576	0.04818	0.05034	0.05215	0.05538	0.05828	0.06104	0.06373	0.06904
0.18	0.04677	0.05007	0.05289	0.05532	0.05747	0.06124	0.06460	0.06783	0.07100	0.07725
0.19	0.05057	0.05444	0.05767	0.06050	0.06299	0.06736	0.07127	0.07503	0.07867	0.08594
0.20	0.05464	0.05895	0.06265	0.06588	0.06871	0.07376	0.07826	0.08257	0.08681	0.09515
0.22	0.06285	0.06830	0.07335	0.07739	0.08075	0.08748	0.09354	0.09892	0.10431	0.11507
0.24	0.0714	0.0781	0.0841	0.0895	0.0942	0.1023	0.1097	0.01164	0.1238	0.1373
0.26	0.0801	0.0882	0.0956	0.1023	0.1056	0.1178	0.1272	0.1359	0.1447	0.1622
0.28	0.0888	0.0989	0.1077	0.1157	0.1225	0.1353	0.1460	0.1575	0.1676	0.1891
0.30	0.0983	0.1097	0.1205	0.1299	0.1380	0.1534	0.1669	0.1797	0.1931	0.2180
0.32	0.108	0.121	0.134	0.145	0.155	0.172	0.189	0.205	0.220	0.250
0.34	0.117	0.133	0.147	0.160	0.172	0.193	0.213	0.231	0.249	0.285
0.36	0.127	0.145	0.162	0.177	0.190	0.215	0.238	0.259	0.280	0.322
0.38	0.137	0.157	0.177	0.194	0.210	0.238	0.264	0.289	0.313	0.361
0.40	0.157	0.170	0.192	0.212	0.229	0.262	0.292	0.320	0.349	0.404
0.42	0.157	0.184	0.208	0.230	0.251	0.287	0.322	0.354	0.386	0.450
0.44	0.167	0.197	0.225	0.250	0.273	0.314	0.353	0.390	0.426	0.498
0.46	0.178	0.211	0.242	0.270	0.295	0.343	0.386	0.428	0.468	0.549
0.48	0.188	0.225	0.259	0.291	0.319	0.372	0.421	0.468	0.513	0.604
0.50	0.199	0.239	0.277	0.312	0.344	0.402	0.457	0.509	0.561	0.662
0.55	0.225	0.276	0.324	0.369	0.410	0.486	0.556	0.623	0.690	0.821
0.60	0.252	0.315	0.375	0.431	0.483	0.577	0.666	0.752	0.834	1.003
0.70	0.308	0.398	0.486	0.568	0.645	0.787	0.922	1.05	1.18	1.43
0.80	0.365	0.488	0.610	0.725	0.834	1.04	1.23	1.41	1.59	1.95
0.90	0.423	0.585	0.747	0.902	1.05	1.33	1.59	1.84	1.09	1.58
1.00	0.480	0.688	0.895	1.10	1.30	1.66	2.01	2.34	2.67	3.32
1.20	0.600	0.915	1.24	1.57	1.88	2.47	3.03	3.58	4.11	5.16
1.40	0.720	1.17	1.65	2.13	2.59	3.48	4.32	5.14	5.95	7.54
0.60	0.841	1.45	2.11	2.79	3.45	4.70	5.91	7.08	8.21	10.5
0.80	0.962	1.76	2.64	3.55	4.44	6.16	7.81	9.42	11.0	14.1
2.00	1.08	2.10	3.24	4.43	5.60	7.87	10.0	12.2	14.3	18.4
2.25	1.24	2.56	4.10	5.69	7.87	10.40	13.3	162	19.1	247

*Harga-harga dari King.. "Handbook of Hidraulics". 4th edetion, McGraw-Hill Co.

TABEL 6

HARGA-HARGA FAKTOR PEMBUANGAN K' dalam $Q = (K'/n) y^{\frac{1}{4}} S^{\frac{1}{2}}$ untuk SALURAN-SALURAN TRAPESIUM

(y = kedalaman aliran, b = lebar dasar saluran)

Kemiringan Sisi-sisi Penampang Saluran (mendatar terhadap tegak)

y/b	Tegak	1:4	1:2	3:4	1:1	3:2	2:1	5:2	3:1	4:1
0.01	98.7	99.1	99.3	99.6	99.8	100	100.4	100.6	100.9	101.3
0.02	48.7	49.1	49.4	49.6	49.8	50.1	50.4	50.7	50.9	51.3
0.03	32.0	32.4	32.4	33.0	33.2	33.5	33.8	34.1	34.3	34.7
0.04	23.8	24.1	24.4	24.6	24.8	25.2	25.4	25.7	26.0	26.4
0.05	18.8	19.1	19.4	19.7	19.9	20.2	20.5	20.8	21.0	21.5
0.06	15.5	15.8	16.1	16.4	16.6	16.9	17.2	17.5	17.7	18.2
0.07	13.1	13.5	13.7	14.0	14.2	14.5	14.8	15.1	15.3	15.9
0.08	11.3	11.6	12.0	12.2	12.4	12.7	13.1	13.3	13.6	14.1
0.09	9.96	10.3	10.6	10.8	11.0	11.4	11.7	12.0	12.2	12.8
0.10	8.88	9.22	9.50	9.69	10.3	10.6	10.9	11.2	11.7	
0.11	7.96	8.30	8.59	8.82	9.03	9.35	9.69	10.0	10.3	10.8
0.12	7.22	7.56	7.84	8.08	8.28	8.61	8.95	9.29	9.56	10.1
0.13	6.59	6.92	7.21	7.44	7.65	8.00	8.34	8.61	8.95	9.49
0.14	6.06	6.39	6.67	6.90	7.11	7.47	7.81	8.08	8.41	9.02
0.15	5.60	5.92	6.20	6.44	6.65	7.00	7.34	7.67	7.94	8.55
0.16	5.20	5.52	5.79	6.03	6.24	6.60	6.92	7.23	7.54	8.14
0.17	4.84	5.16	5.44	5.67	5.88	6.24	6.57	6.88	7.19	7.81
0.18	4.53	4.85	5.12	5.36	5.57	5.93	6.26	6.57	6.87	7.47
0.19	4.25	4.66	4.84	5.07	5.28	5.65	5.98	6.29	5.59	7.20
0.20	4.00	4.31	4.58	4.82	5.03	5.39	5.72	6.04	6.25	6.93
0.22	3.57	3.88	4.15	4.38	4.59	4.95	5.29	5.61	5.92	6.53
0.24	3.21	3.51	3.78	4.01	4.22	4.59	4.93	5.24	5.56	6.18
0.26	2.91	3.21	3.47	3.71	3.92	4.29	4.62	4.95	5.26	5.88
0.28	2.66	2.95	3.21	3.45	3.65	4.02	4.36	4.68	5.00	5.63
0.30	2.44	2.73	2.99	3.22	3.43	3.80	4.14	4.46	4.78	5.41
0.32	2.25	2.54	2.79	3.02	3.23	3.60	3.94	4.27	4.59	6.53
0.34	2.08	2.36	2.62	2.85	3.06	3.43	3.77	4.10	4.41	5.05
0.36	1.94	2.21	2.47	2.70	2.90	3.28	3.62	3.94	4.27	4.90
0.38	1.80	2.08	2.34	2.56	2.77	3.14	3.48	3.81	4.13	4.77
0.40	1.69	1.97	2.21	2.44	2.64	3.01	3.36	3.69	4.01	4.65
0.42	1.59	1.86	2.11	2.33	2.54	2.91	3.25	3.58	3.90	4.54
0.44	1.49	1.76	2.01	2.23	2.44	2.81	3.15	3.48	3.81	4.44
0.46	1.41	1.67	1.92	2.14	2.34	2.72	3.06	3.39	3.71	4.35
0.48	1.33	1.59	1.83	2.06	2.26	2.63	2.98	3.31	3.63	4.27
0.50	1.26	1.52	1.76	1.98	2.19	2.56	2.90	3.24	2.56	4.20
0.55	1.11	1.36	1.59	1.82	2.02	2.39	2.74	3.07	3.40	4.04
0.60	0.983	1.23	1.46	1.68	1.88	2.25	2.60	2.93	3.26	3.90
0.70	0.794	1.03	1.26	1.47	1.67	2.04	2.39	2.72	3.05	3.69
0.80	0.661	0.882	1.10	1.31	1.51	1.88	2.23	2.39	2.72	3.55
0.90	0.559	0.774	0.989	1.20	1.39	1.76	2.11	2.44	2.77	3.42
1.00	0.480	0.686	0.895	1.10	1.30	1.66	2.01	2.34	2.67	3.32
1.20	0.369	0.563	0.767	0.962	1.16	1.52	1.86	2.20	2.53	3.18
1.40	0.293	0.476	0.672	0.868	1.06	1.42	1.76	2.10	2.42	3.08
1.60	0.240	0.415	0.604	0.794	0.983	1.35	1.69	2.02	2.35	2.99
1.80	0.201	0.367	0.552	0.740	0.929	1.29	1.63	1.96	2.29	2.93
2.00	0.171	0.330	0.511	0.700	0.882	1.24	1.58	1.91	2.24	2.89
2.25	0.143	0.295	0.471	0.656	0.834	1.19	1.53	1.86	2.19	2.84

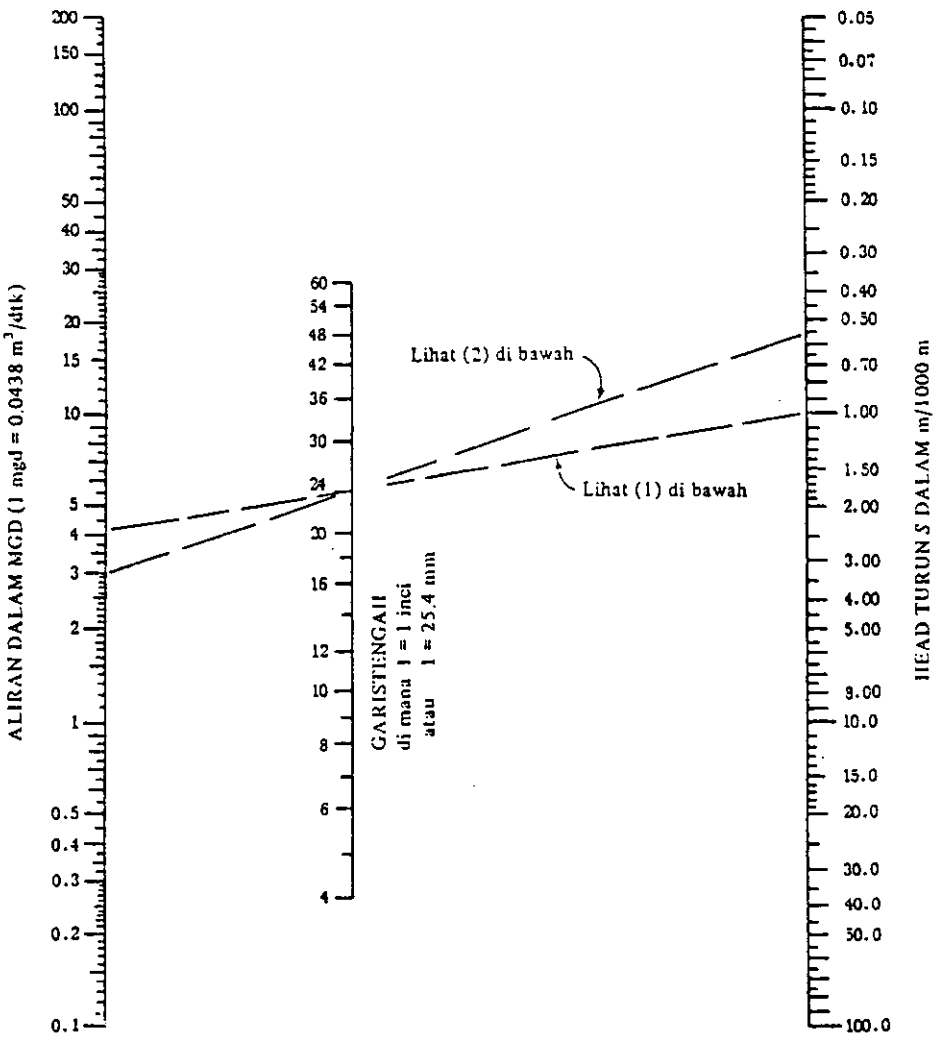
*Harga-harga dari King.. "Handbook of Hidraulics". 4th edetion, McGraw-Hill Co.

TABEL 7
HARGA-HARGA C DARI RUMUS KUTTER

Kemiringan S	n	Jari-jari Hidraulik R Dalam Meter													
		0.061	0.091	0.122	0.183	0.244	0.305	0.457	0.610	0.762	0.915	1.22	1.83	2.44	3.05	4.57
0.00005	0.010	48.0	54.1	60.2	67.9	72.4	77.3	85.0	90.5	95.0	97.7	103	110	114	118	121
	0.012	37.5	43.1	48.5	54.1	59.1	62.4	69.6	74.5	78.4	81.7	85.7	92.8	97.2	100	104
	0.015	28.7	33.0	36.4	42.0	45.3	49.1	54.7	59.1	62.4	65.1	69.6	76.2	80.1	82.8	87.3
	0.017	23.7	27.6	31.5	35.9	39.8	42.5	47.5	51.3	54.1	56.9	61.3	67.4	71.2	74.0	78.4
	0.020	19.3	22.6	24.8	29.0	32.6	35.3	39.8	44.2	46.4	48.6	52.4	58.2	61.3	64.0	69.0
	0.025	14.4	16.6	19.3	22.6	24.8	27.1	31.5	34.2	36.4	38.6	42.1	46.9	50.8	52.0	57.4
	0.030	12.1	13.3	15.5	18.2	20.4	22.1	25.9	28.2	30.4	32.0	35.9	40.9	43.1	46.4	49.7
0.0001	0.010	54.1	59.6	65.1	72.0	77.5	81.2	87.2	92.2	95.3	98.0	103	108	112	114	117
	0.012	42.0	47.5	52.4	58.0	62.4	65.7	71.8	76.2	79.5	81.7	85.6	91.1	93.9	96.1	99.4
	0.015	31.5	35.3	39.8	44.7	48.6	50.8	56.9	60.2	62.9	65.1	69.0	74.0	77.3	79.0	82.3
	0.017	26.5	30.4	34.2	38.6	41.4	44.2	48.6	52.4	54.7	57.4	61.3	65.1	69.0	70.7	74.0
	0.020	21.0	24.8	27.6	31.5	34.8	37.0	41.4	44.7	46.9	48.6	52.4	56.3	59.1	61.3	65.1
	0.025	15.5	18.8	21.0	23.7	26.5	28.2	32.6	35.3	37.0	38.6	42.5	46.4	49.1	51.3	54.1
	0.030	12.7	14.9	16.6	19.3	21.5	23.2	26.5	28.7	30.4	32.6	35.3	39.8	41.4	44.2	46.9
0.0002	0.010	58.0	63.5	69.0	75.6	80.1	82.8	89.4	93.8	96.1	98.3	102	107	109	112	114
	0.012	45.3	50.8	55.2	60.7	64.6	67.9	73.4	76.7	79.5	81.7	85.0	89.4	93.2	93.9	96.6
	0.015	33.7	38.1	42.0	46.4	50.2	53.0	58.0	60.7	62.9	65.1	68.5	72.9	75.6	77.3	80.1
	0.017	28.7	32.6	35.9	40.3	43.1	45.8	49.7	53.6	55.2	57.4	60.7	64.6	67.4	69.0	71.8
	0.020	23.2	26.5	29.2	33.1	35.9	37.5	42.0	45.3	46.9	48.6	51.9	55.2	58.0	59.6	62.4
	0.025	16.6	19.3	22.1	24.8	27.6	29.8	33.1	35.9	37.5	38.6	42.0	45.8	47.5	49.7	52.4
	0.030	13.8	15.5	17.7	20.4	22.1	23.7	27.1	29.3	30.9	32.6	34.8	38.1	40.9	42.5	45.3
0.0004	0.010	60.7	66.8	70.7	77.3	81.7	84.5	90.5	94.4	96.1	98.3	102	106	107	109	112
	0.012	48.0	52.4	56.9	62.4	66.3	69.0	74.0	77.8	80.1	82.3	84.5	88.9	91.1	92.8	95.0
	0.015	35.3	40.3	43.1	48.0	51.3	54.1	58.5	61.8	63.5	65.1	67.9	71.8	74.0	75.6	78.4
	0.017	29.8	34.2	37.5	41.4	44.2	46.4	50.8	54.1	55.8	57.4	60.7	64.0	66.3	67.9	70.7
	0.020	23.7	27.6	30.4	33.7	37.0	38.6	42.5	45.8	47.5	48.6	51.9	54.7	57.4	58.5	60.7
	0.025	17.7	20.4	23.2	25.9	28.2	30.4	33.1	35.9	37.5	38.6	41.4	45.3	46.9	48.6	50.8
	0.030	14.4	16.6	18.2	21.0	22.6	24.3	27.6	29.8	31.5	32.6	34.8	37.5	40.3	41.4	44.1
0.001	0.010	62.4	68.5	72.9	79.0	82.3	85.6	91.9	95.0	96.6	98.3	102	105	108	109	111
	0.012	48.6	53.6	58.0	63.5	66.8	70.1	74.5	78.4	80.1	82.3	85.0	88.3	90.5	92.2	94.4
	0.015	36.4	41.4	44.2	48.6	51.9	54.1	59.1	61.8	64.0	65.7	67.9	71.3	73.4	74.5	77.3
	0.017	30.4	34.8	37.5	42.0	44.7	46.9	50.8	54.1	56.3	58.0	60.7	63.5	65.7	67.4	70.1
	0.020	24.8	28.2	30.9	34.2	37.5	39.2	43.1	46.4	48.0	49.1	51.3	54.1	56.9	58.0	60.2
	0.025	18.2	21.0	23.7	26.5	28.7	30.4	33.7	35.9	37.5	38.6	41.4	44.7	46.4	48.0	50.2
	0.030	14.9	16.6	18.8	21.0	23.2	24.8	27.6	29.8	31.5	32.6	34.8	37.5	39.8	40.9	43.1
0.01	0.010	62.9	69.0	73.4	79.0	83.4	86.1	91.9	95.0	96.6	98.3	102	105	107	108	110
	0.012	49.1	54.7	58.5	64.0	67.4	70.7	75.1	78.4	80.1	82.3	85.0	87.8	90.0	91.6	93.9
	0.015	37.0	42.0	44.7	49.1	52.4	54.7	59.1	62.4	64.0	65.7	67.9	71.2	73.4	74.5	77.3
	0.017	30.9	35.3	38.1	42.5	45.3	47.5	51.3	54.7	56.9	58.0	60.2	63.5	65.1	66.8	69.6
	0.020	25.4	28.7	31.5	34.8	37.5	39.8	43.1	46.4	48.0	49.1	51.3	54.1	56.3	58.0	59.6
	0.025	18.8	21.5	24.3	27.1	28.7	30.9	34.2	35.9	37.5	38.6	41.4	44.2	45.8	47.5	49.7
	0.030	14.9	17.1	19.3	21.5	23.7	24.8	28.2	30.4	32.0	32.6	34.8	37.0	39.2	40.3	42.5

DIAGRAM B

KARTA ALIRAN
RUMUS HAZEN-WILLIAMS, C =1000



PENGGUNAAN KARTA

(1) Misal D = 609.6 mm, S =1.0 m/1000m, C = 120; carilah aliran Q.
Karta memberi Q100 = 4.2 mgd = 0.184 ,3/dtk
untuk C1 = 120, Q = (120/100) (0.184) = 0.219 m3/dtk

(2) Misal Q = 0.1576 m3/dtk, D = 609.6mm, C1 = 120; carilah Head Turun.
Ubah Q120 menjadi Q100;Q100 = (100/120)(0.1576) = 0.1313 m3/dtk
Karta memberi S = 0,55m/1000m

Bab 4
Sistem Drainase

4.1. UMUM

Pertumbuhan kota dan perkembangan industri menimbulkan dampak yang cukup besar pada siklus hidrologi sehingga berpengaruh besar terhadap sistem drainase perkotaan. Sebagai contoh ada perkembangan beberapa kawasan hunian yang disinyalir sebagai penyebab banjir dan genangan di lingkungan sekitarnya. Hal ini disebabkan karena perkembangan urbanisasi, menyebabkan perubahan tata guna lahan, sedangkan siklus hidrologi sangat dipengaruhi oleh tata guna lahan. Oleh karena itu setiap perkembangan kota harus diikuti dengan perbaikan sistem drainase, tidak cukup hanya pada lokasi yang dikembangkan, melainkan harus meliputi daerah sekitarnya juga.

Jaringan drainase perkotaan meliputi seluruh alur air, baik alur alam maupun alur buatan yang hulunya terletak di kota dan bermuara di sungai yang melewati kota tersebut atau bermuara ke laut di tepi kota tersebut.

Drainase perkotaan melayani pembuangan kelebihan air pada suatu kota dengan cara mengalirkannya melalui permukaan tanah (surface drainage) atau lewat di bawah permukaan tanah (sub surface drainage), untuk dibuang ke sungai, laut atau danau. Kelebihan air tersebut dapat berupa air hujan, air limbah domestik maupun air limbah industri. Oleh karena itu, drainase perkotaan harus terpadu dengan sanitasi, sampah, pengendalian banjir kota dan lain-lain.

4.2. SUMBER AIR BUANGAN

Secara umum sumber-sumber air buangan kota dibagi dalam kelompok-kelompok (disesuaikan dengan perencanaan air minum yang ada), diantaranya :

* Dari rumah tangga
* Dari perdagangan
* Dari industri sedang dan ringan
* Dari pendidikan
* Dari kesehatan
* Dari tempat peribadatan
* Dari sarana rekreasi

Untuk menghindari terjadinya pembusukan dalam pengaliran air buangan harus sudah tiba di bangunan pengolahan tidak lebih dari 18 jam, untuk daerah tropis.

Dalam perencanaan, estimasi mengenai total aliran air buangan dibagi dalam 3 (tiga) hal yaitu :

1. Air buangan domestik : maksimum aliran air buangan domestik untuk daerah yang dilayani pada periode waktu tertentu.
2. Infiltrasi air permukaan (hujan) dan air tanah (pada daerah pelayanan dan sepanjang pipa)
3. Air buangan industri & komersial : tambahan aliran maksimum dari daerah-daerah industri dan komersial.

4.3. FUNGSI JARINGAN

Pada sistem pengumpulan air buangan yang diperhatikan ada 2 macam air buangan, yaitu air hujan dan air kotor (bekas).

Cara atau sistem buangan ada 3, yaitu :

* Sistem terpisah (Separate System)
* Sistem tercampur (Combined System)
* Sistem kombinasi (Pseudo Separate System), atau sistem interseptor.

4.3.1. SISTEM TERPISAH (SEPARATE SYSTEM)

Air kotor dan air hujan dilayani oleh sistem saluran masing-masing secara terpisah.

Pemilihan sistem ini didasarkan atas beberapa pertimbangan antara lain :

1. Periode musim hujan dan kemarau yang terlalu lama.
2. Kuantitas yang jauh berbeda antara air buangan dan air hujan.
3. Air buangan memerlukan pengolahan terlebih dahulu sedangkan air hujan tidak perlu dan harus secepatnya dibuang ke sungai yang terdapat pada daerah yang ditinjau.

Keuntungan :

1. Sistem saluran mempunyai dimensi yang kecil sehingga memudahkan penbuatannya dan operasinya.
2. Penggunaan sistem terpisah mengurangi bahaya bagi kesehatan masyarakat.
3. Pada instalasi pengolahan air buangan tidak ada tambahan beban kapasitas, karena penambahan air hujan.
4. Pada sistem ini untuk saluran air buangan bisa direncanakan pembilasan sendiri, baik pada musim kemarau maupun pada musim hujan.

Kerugiaan :

Harus membuat 2 sistem saluran sehingga memerlukan tempat yang luas dan biaya yang cukup besar.

4.3.2. SISTEM TERCAMPUR (COMBINED SYSTEM)

Air kotor dan air hujan disalurkan melalui satu saluran yang sama. Saluran ini harus tertutup. Pemilihan sistem ini didasarkan atas beberapa pertimbangan, antara lain :

1. Debit masing-masing buangan relatif kecil sehingga dapat disatukan.
2. Kuantitas air buangan dan air hujan tidak jauh berbeda.
3. Fluktuasi curah hujan dari tahun ke tahun relatif kecil.

Keuntungan :

1. Hanya diperlukan satu sistem penyaluran air sehingga dalam pemilihannya lebih ekonomis.
2. Terjadi pengeceran air buangan oleh air hujan sehingga konsentrasi air buangan menurun.

Kerugiaan :

Diperlukan areal yang luas untuk menempatan instalasi tambahan untuk penanggulangan di saat-saat tertentu.

4.3.3. SISTEM KOMBINASI (PSCUDO SEPARATE SYSYEM)

Merupakan perpaduan antara saluran air buangan dan saluran air hujan dimana pada waktu musim hujan air buangan dan air hujan tercampur dalam saluran air buangan, sedangkan air hujan berfungsi sebagai pengecer dan penggelontor. Kedua saluran ini tidak bersatu tetapi dihubungkan dengan sistem perpipaan interseptor.

Beberapa faktor yang dapat digunakan dalam menentukan pemilihan sistem adalah :

1. Perbedaan yang besar antara kuantitas air buangan yang akan disalurkan melalui jaringan penyalur air buangan dan kuantitas curah hujan pada daerah pelayanan.
2. Umumnya di dalam kota dilalui sungai-sungai dimana air hujan secepatnya dibuang ke dalam sungai-sungai tersebut.
3. Periode musim kemarau dan musin hujan yang lama dan fluktuasi air hujan yang tidak tetap.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan diatas, maka secara teknis dan ekonomis sistem yang memungkinkan untuk diterapkan adalah sistem terpisah antara air buangan rumah tangga dengan air buangan yang berasal dari air hujan.

Jadi air buangan yang akan diolah dalam bangunan pengelohan air buangan hanya berasal dari aktivitas penduduk dan industri.

4.4. DISKRIPSI LINGKUNGAN FISIK DALAM SISTEM DRAINASE

Dalam perencanaan tata letak jaringan drainase, diskripsi lingkungan fisik merupakan informasi yang sangat penting. Penempatan saluran, bangunan dan jumlah kerapatan fasilitas tersebut akan sangat dipengaruhi oleh kondisi daerah tersebut akan sangat dipengaruhi oleh kondisi daerah rencana. Dalam kaitan ini, seorang perencana dituntut untuk selalu peka dalam menginterpretasikan data yang tersedia baik berupa data sekunder yang berupa peta dasar dan fenomena banjir yang pernah terjadi, maupun pola aliran alam yang ada. Dimana informasi tentang pola aliran alam ini juga bisa diperoleh dari observasi langsung di lapangan saat terjadi hujan (banjir).

Diskripsi lingkungan fisik yang dianggap penting diketahui sesuai jenisnya dapat diuraikan sebagai berikut :

1. **Tata Guna Lahan**

   Merupakan peta yang dapat menggambarkan tentang pola penggunaan lahan didaerah rencana. Pola penggunaan lahan yang dimaksud harus mencakup tentang kondisi eksisting maupun rencana pengembangan di masa mendatang. informasi tersebut diperlukan untuk menentukan lingkup sistem drainase yang diperlukan dan untuk merencakan drainase yang tingkatnya sesuai dengan kategori tata guna tanah dari daerah yang bersangkutan.

2. **Prasarana lain**

   Informasi tentang prasarana lain yang dimaksud meliputi jaringan jalan, air minum. listrik, jaringan telepon dan jaringan lain yang diperkirakan dapat menyebabkan bottle leck. Ini dimaksudkan sebagai pertimbangan dalam menentukan trase saluran dan untuk mengindentifikasi jenis bangunan penunjang yang diperlukan.

3. **Topografi**

   Informasi yang diperlukan untuk menentukan arah penyaluran/pematusan dan batas wilayah tadahnya. Pemetaan kontur di suatu daerah urban perlu dilakukan pada skala 1:5000 atau 1:10.000 dengan beda kontur 0.5 meter di daerah datar, dan beda kontur 1 meter pada daerah curam. Pemetaan tersebut perlu mengacu pada suatu datum survai yang dikenal. Pemetaan kontur dengan skala 1:50.000 atau 100.000 juga mungkin diperlukan untuk

menentukan luas DAS (Daerah Aliran Sungai) di hulu kota, suatu beda kontur 25 meter biasanya cukup bagi keperluan agar efek dari jalan, saluran dan penghalang aliran banjir lainnya dapat diperkirakan.

4. **Pola Aliran Alam**

Informasi tentang pola aliran alam diperlukan untuk mendapatkan gambaran tentang kecenderungan pola letak dan arah aliran alam yang terjadi sesuai kondisi lahan daerah rencana. Secara tidak langsung sebenarnya informasi ini dapat diinterpretasikan dari peta topografi dengan cara mengidentifikasi bagian lembah dan punggung. Dimana pola aliran buangan alam cenderung mengarah pada bagian lembah. Namun untuk dapat memperoleh hasil informasi yang lebih akurat, observasi lapangan kerja diperlukan. Agar pekerjaan observasi lebih efisien, hendaknya diidentifikasi terlebih dahulu daerah-daerah yang akan disurvai melalui informasi yang tersedia (data sekunder).

5. **Pola aliran pada daerah pembuangan**

Daerah pembuangan yang dimaksud adalah tempat pembuangan kelebihan air dari lahan yang di rencanakan (misal : sungai, laut, danau dan lain-lain). Informasi ini sangat penting terutama berkaitan dengan penempatan fasilitas outletnya. Elevasi fasilitas outlet harus ditetapkan di atas muka maksimum daerah pembuangan, sehingga gejala terjadinya muka air balik (back water) pada rencana saluran drainase dapat dihindari.

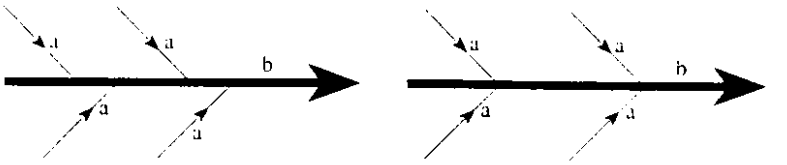
4.5. TATA LETAK

4.5.1 ALTERNATIF TATA LETAK SALURAN DRAINASE

Beberapa contoh model tata letak saluran yang dapat diterapkan dalam perencanaan jaringan irigasi meliputi :

1. **Pola Alamiah**

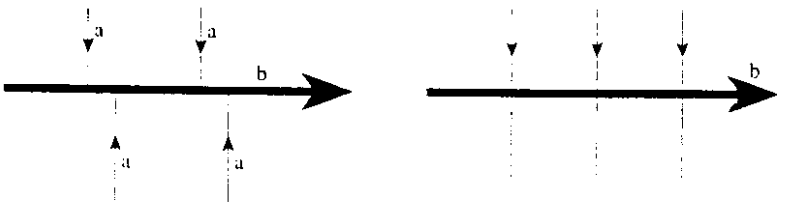
Letak conveyor drain (b) ada dibagian terendah (lembah) dari suatu daerah (alam) yang secara efektif berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada (collector drain), dimana collector maupun conveyor drain merupakan saluran alamiah.



a = Collector drain
b = Conveyor drain

2. Pola Siku

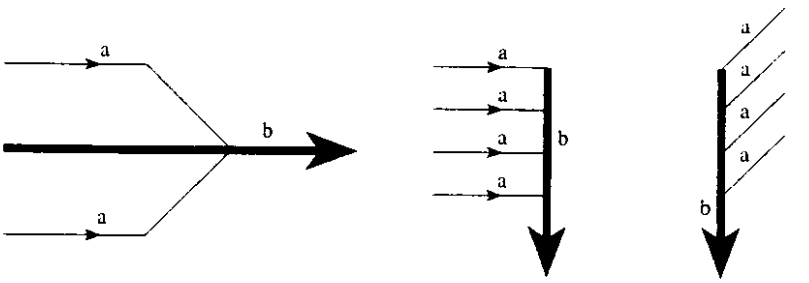
Conveyor drain (b) terletak di lembah dan merupakan saluran alamiah, sedangkan conveyor drain dibuat tegak lurus dari conveyor drain.



a = Collector drain
b = Conveyor drain

3. Pola Paralel

Colector drain yang menampung debit dari sungai-sungai yang lebih kecil, dibuat sejajar satu sama lain dan kemudian masuk ke dalam conveyor drain.

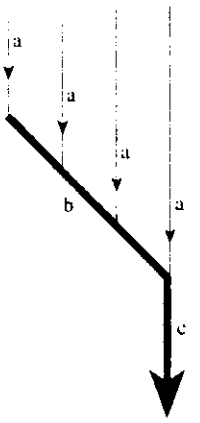


a = Collector drain
b = Conveyor drain

4. Pola "Grid Iron"

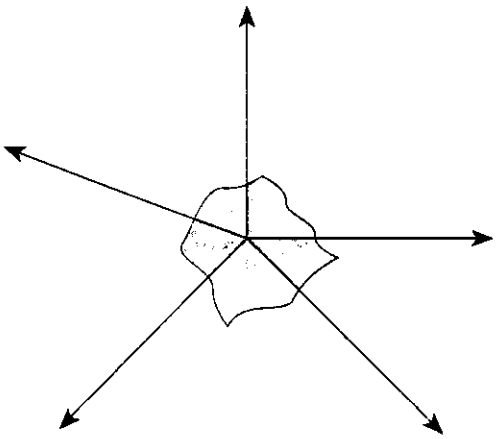
Beberapa interceptor drain dibuat satu sama lain sejajar, kemudian ditampung di collector drain untuk selanjutnya masuk ke dalam conveyor drain.

a = Interceptor drain
b = Collector drain
c = Conveyor drain



5. Pola Radial

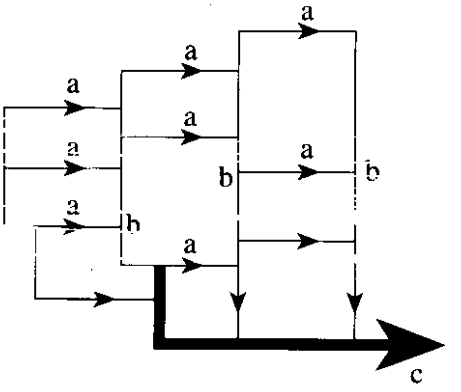
Suatu daerah genangan dikeringkan melalui beberapa collector drain dari satu titik menyebar ke segala arah (sesuai dengan kondisi topografi daerah)



6. Pola Jaring-jaring

Untuk mencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lainnya, maka dapat dibuat beberapa interceptor drain (a) yang kemudian ditampung ke dalam saluran collector (b) dan selanjutnya dialirkan menuju saluran conveyor.

a = Interceptor drain
b = Collector drain
c = Conveyor drain



4.5.2 SUSUNAN DAN FUNGSI SALURAN DALAM JARINGAN DRAINASE

Dalam pengertian jaringan drainase, maka sesuai dengan fungsi dan sistem kerjanya, jenis saluran dapat dibedakan menjadi :

* **Interceptor drain**

Saluran interceptor adalah saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain dibawahnya. Saluran ini biasa dibangun dan diletakkan pada bagian yang relatif sejajar dengan garis kontur. Outlet dari saluran ini biasanya terdapat di saluran collector atau conveyor, atau langsung di natural drainege (drainase alam).

* **Collector drain**

Saluran collector adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya akan dibuang ke saluran conveyor (pembawa).

* **Conveyor drain**

Saluran conveyor adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa harus mambahayakan daerah yang dilalui.

Letak saluran conveyor di bagian terendah lembah dari suatu daerah, sehingga secara efektif dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada.

Sebagai contoh adalah saluran banjir kanal atau sudetan-sudetan atau saluran by-pass yang bekerja secara khusus hanya mengalirkan air secara cepat sampai ke lokasi pembuangan.
Dalam pengertian yang lain, saluran ini berbeda dengan "sun surface drainege" atau drainase bawah tanah. Dalam hal ini yang terakhir ini masuknya air melalui resapan tanah secara gravitasi masuk ke dalam lubang-lubang yang terdapat pada saluran drainase yang ditanam di dalam tanah.

Dalam kenyataan dapat terjadi suatu saluran bekerja sekaligus untuk kedua atau bahkan betiga jenis fungsi tersebut.

4.5.3. PROSEDUR PERANCANGAN TATA LETAK SISTEM JARINGAN DRAINASE

Untuk menjamin berfungsinya suatu sistem jaringan drainase perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. **Pola arah aliran**

   Dengan melihat peta topografi kita dapat menentukan arah aliran yang merupakan natural drainage system yang terbentuk secara alamiah, dan dapat mengetahui toleransi lamanya genangan dari daerah rencana.

2. **Situasi dan kondisi fisik kota**

   Informasi situasi dan kondisi fisik kota baik yang ada (eksisting) maupun yang sedang direncanakan perlu diketahui, antara lain :

   a. Sistem jaringan yang ada (drainase, irigasi, air minum, telephon, listrik,dsb).

b. Bottle neck yang mungkin ada
c. Batas-batas daerah pemilikan
d. Letak dan jumlah prasarana yang ada
e. Tingkat kebutuhan drainase yang diperlukan
f. Gambaran prioritas daerah secara garis besar

Semua hal tersebut di atas dimaksudkan agar dalam penyusunan tata letak sistem jaringan drainase tidak terjadi pertentangan kepentingan (conflict of interest)

Dan pada akhirnya dalam menentukan tata letak dari jaringan drainase bertujuan untuk mencapai sasaran sebagai berikut :

a. Sistem jaringan drainase dapat berfungsi sesuai tujuan (sasaran).
b. Menekan dampak lingkungan (negatif) sekecil mungkin.
c. Dapat bertahan lama (awet) ditinjau dari segi konstruksi dan fungsinya.
d. Biaya pembangunan serendah mungkin.

4.6. BANGUNAN PENUNJANG

Untuk menjamin berfungsinya saluran drainase secara baik maka diperlukan bangunan-bangunan pelengkap ditempat-tempat tertentu. Jenis bangunan pelengkap yang dimaksud meliputi :

1. Bangunan silang, misal ; gorong - gorong
2. Bangunan pemecah energi, misal ; bangunan terjun dan saluran curam.
3. Bangunan pengaman erosi, misal ; ground sill/levelling structure.
4. Bangunan inlet, misal ; "grill samping/datar.
5. Bangunan outlet, misal ; kolam loncat air
6. Bangunan pintu air, misal ; pintu geser, pintu atomatis.
7. Bangunan rumah pompa
8. Bangunan kolam tandum/pengumpul.
9. Bangunan lobang kontrol/"man hole"
10. Bangunan instalasi pengolah limbah.
11. Peralatan penunjang, berupa ; AWLR, ORR, Stasiun meteorologi, detektor kualitas air.
12. Dan lain sebagainya.

Semua bangunan tersebut diatas tidak selalu harus ada pada setiap jaringan drainase. Keberadaanya tergantung pada kebutuhan setempat yang biasanya dipengaruhi oleh fungsi saluran, kondisi lingkungan dan tuntutan akan kesempurnaan jaringannya.

LATIHAN :

1. Periksa gambar dibawah ini !
   Anggap saluran drainase (garis putus-putus) tidak ada !

   Pertanyaan :
   a. Pertimbangan apa, menurut saudara dalam menentukan / merencanakan tata letak (layout) jaringan drainase ?
   b. Atas dasar pertimbangan yang saudara tentukan, rencanakan tata letak (layout) jaringan drainase yang dianggap baik dan efisien !

2. Periksa gambar yang sama (soal no. 1) !
   Anggap saluran drainase (garis putus-putus) telah ada !

   Pertayaan :
   a. Tentukan arah aliran pada saluran drainase tersebut !
   b. Manurut saudara, benarkah rencana tata letak (layout) tersebut ? Bila salah, tunjukkan bagian yang salah dan berikan solusinya !

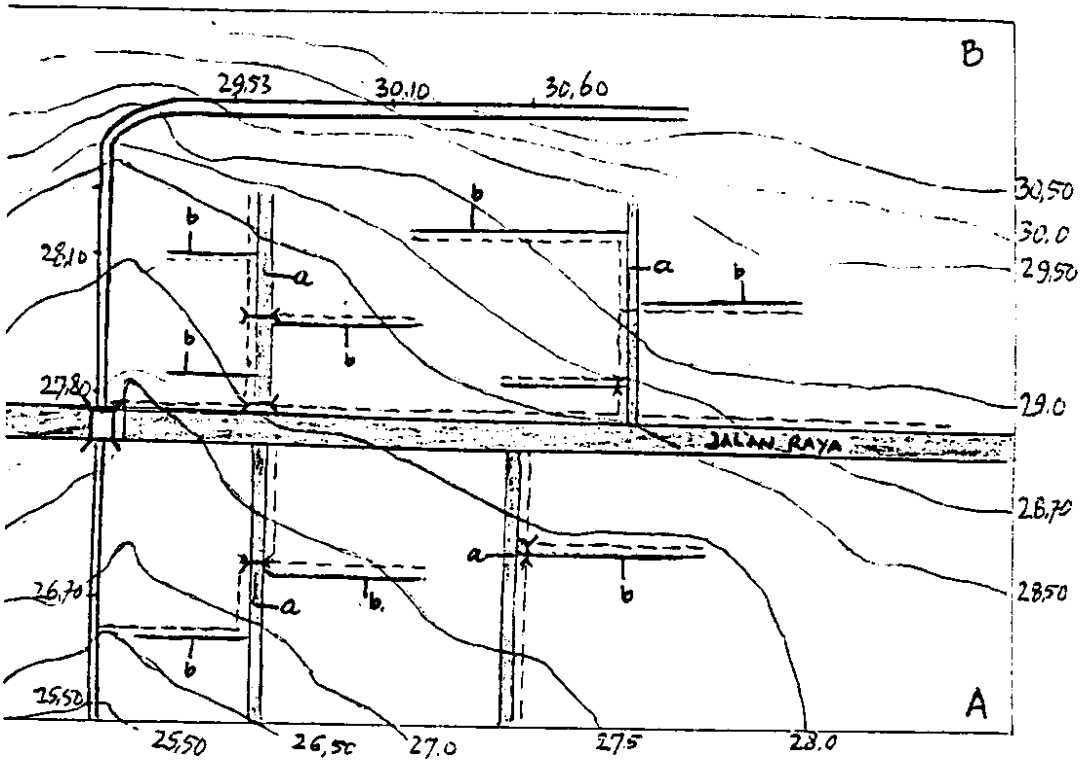
3. Masih berhubungan dengan gambar yang sama.

   Anggapan : Daerah rencana terbagi atas 2 bagian, bagian A merupakan daerah eksisting dan bagian B merupakan daerah yang direncanakan.

   Bila saluran drainase di jalan raya merupakan daerah eksisting yang direncanakan hanya dengan mempertimbangkan pembebanan dari daerah A, dan lay out saluran drainase daerah rencana (B) telah ditetapkan seperti tergambar (sesuai soal no. 2).

   Pertanyaan :

   * Fenomena apa yang akan terjadi terutama pada saluran di jalan raya ?
   * Bila pada saluran tersebut terjadi masalah, tentukan 2 cara yang spesifik untuk mengatasinya !



KETERANGAN GAMBAR :

: **Jalan Raya**

: **Rencana Jaringan Drainase**

: **Saluran Conveyor Drainase**

: **Jalan Monian**

: **Jalan Arteri**

Bab 5
Langkah Perancangan

5.1. DATA PERANCANGAN

Untuk memulai suatu perencanaan sistim drainase, perlu dikumpulkan data penunjang agar hasil perencanaan dapat dipertanggung-jawabkan.
Data yang diperoleh dari sumbernya, atau dikumpulkan langsung di lapangan dengan melakukan pengukuran/penyelidikan. Jenis data dan sumbernya akan diuraikan berikut ini.

a. Data permasalahan

Setiap usaha manusia akan didasarkan oleh suatu alasan yang mendorong untuk bertindak. Apabila diinginkan suatu perencanaan drainase, harus diketahui pula alasannya. Pertimbangannya adalah laporan mengenai terjadinya permasalahan genangan atau banjir. Laporan tersebut tidak cukup apabila tidak didukung data yang lebih lengkap. Data genangan yang perlu diketahui meluputi antara lain :

- **Lokasi genangan**

  Sebutkan secara rinci dari nama Kota, Kecamatan, Kelurahan, Rw dan bila perlu disampai RT, sehingga diperoleh gambaran berupa luas genangan tersebut.

  Lokasi yang akurat juga akan memberikan informasi tentang sifat-sifat hidrolik bawaan (hydraulic regime) daerah tersebut.

- **Lama genangan**

  Cari informasi ke penduduk yang mengalami kejadian tersebut mengenai berapa lama genagan terjadi dan berapa seringnya.
  Contoh : Tiap tahun rata-rata 2 hari tergenang.

- **Tinggi genangan**

  Disamping lama dan frekuensi genangan, ditanyakan pula berapa tinggi genangan untuk mengetahui tingkat kerugian.
  Contoh : Genangan setinggi 3 m meskipun terjadi dalam waktu kurang dari 0.5 jam akan memberikan kerugian yang besar dibandingkan genangan 0,10 m selama 2 hari.

- **Besarnya kerugian**

  Dicatat pula berapa kerugian baik kerugian harta benda maupun korban manusia.

  Contoh : Korban manusia meninggal 1 orang, masuk rumah sakit 5 orang selama rata-rata 3 hari, kerugian material berupa rusaknya perabot rumah tangga diperkirakan Rp. 100 juta.

b. Data Topografi

Peta topografi dalam skala besar (1 : 25.000 atau 1 : 50.000) umumnya sudah tersedia di Badan Koordinasi Survay dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) di Bogor. Namun peta dalam skala kecil seringkali masih diperlukan, misalkan dalam skala 1 : 1.000 atau 1 : 2000. Peta skala kecil diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan seluas wilayah yang diperlukan. Hasil pengukuran dituangkan dalam peta yang dilengkapi garis kontur. Garis kontur digambarkan dengan beda tinggi 0,5 m untuk lahan yang sangat datar atau 1 m untuk lahan datar.

Dalam pengukuran tersebut dilakukan pula pengukuran sampai ke alur buangan (sungai) terdekat berikut elevasi muka air pada saat banjir. Apabila pengukuran dilakukan pada musin kemarau, elevasi banjir tersebut dapat ditanyakan pada penduduk yang bermukim didekatnya.

c. Data Tata Guna Lahan

Data tata guna lahan ada kaitannya dengan besarnya aliran permukaan. Aliran permukaan ini menjadi besaran aliran drainase. Besarnya aliran permukaan tergantung dari banyaknya air hujan yang mengalir setelah dikurangi banyaknya air hujan yang meresap. Betapa besarnya air yang meresap tergantung pula pada tingkat kerapatan permukaan tanah, dan ini berkaitan dengan penggunaan lahan. Penggunaan lahan bisa dikelompokkan

dalam berapa besar koenfisien larian. Yang dimaksud dengan koefisien larian adalah persentase besarnya air yang mengalir.

Contoh : Jalan Beton akan mengalirkan seluruh air hujan yang jatuh diatasnya, atau koefisien lariannya adalah sama dengan 1. Lahan berpasir akan menyerap sebagaian besar air yang jatuh diatasnya atau koefisein lariannya dapat diperkirakan kurang lebih 0,1.

d. Jenis Tanah

Tiap daerah mempunyai jenis tanah yang berbeda. Jenis tanah disuati daerah dapat berupa tanah lempung, berpasir, kapur atau lainnya.

Tujuan dari pengetahuan tentang jenis tanah adalah untuk menentukan kemampuan menyerap air.

e. Master Plan

Agar pembangunan dapat berkembang secara terarah, diperlukan suatu master plan, demikian pula halnya dalam perencanaan sistem drainase adalah sistem yang melayani kebutuhan kota akan saluran buangan. Dengan demikian master plan drainase haruslah mengacu pada master plan kota, Master plan kota dapat diperoleh dari Pemerintah Daerah setempat.

Dari data tersebut dapat diketahui arah perkembangan kota sehingga perencanaan sistim drainasi tinggal mengikuti saja.

f. Data prasarana dan Utilitas

Prasarana dan utilitas kota lainya, disamping sistim jaringan drainase adalah antara lain jalan raya, pipa air minum, pipa gas, kabel listrik, tilpon dan lain sebagainya.

Dengan diketahuinya prasarana dan utilitas yang sudah ada, perencanaan jaringan drainase dapat menyesuaikan agar tidak menimbulkan permasalahan baru.

Contoh : Jangan sampai membuat saluran drainase di jalur yang terdapat kabel tilpon atau di jalur yang ada tiang listriknya

g. Biaya

Berbeda dengan jalan tol, yang bisa menghasilkan keuntungan setelah jadi, jaringan drainase tidak memberikan keuntungan langsung. Olah karena itu tidak ada investor yang mau menanamkan modalnya untuk proyek drainase. Meskipun drainase dirasakanb pelu bagi masyarakat, tetapi untuk membangun sendiri-sendiri rasanya tidak mungkin. Jadi Pemerintahlah yang

menyediakan biaya untuk membangun saluran drainase. Dana bisa diperoleh dari loan luar negeri maupun dana APBN yang dianggarkan tiap tahun. Bila informasi tersebut dapat diperoleh, maka perencanaan drainase harus mengikuti ketersediaan dana, bila perlu dengan menentukan prioritas atau melakukan pentahapan.

h. Data Kependudukan

Data kependudukan bisa diperoleh dari Biro Statistik. Satu seri data selama beberapa tahun terakhir bermamfaat untuk memperkirakan perkembangan atau pertumbuhan penduduk beberapa tahun mendatang sesuai dengan jangka waktu perencanaan. Selain jumlah, lokasi dari penduduk juga diperlukan. Data ini dimaksudkan untuk menghitung banyaknya air buangan, dalam mendimensi saluran disaat musim kemarau.

i. Kelembagaan

Yang dimaksud kelembagaan adalah instansi Pemerintah yang terkait dengan sistim drainase, khususnya pada saat pemeliharaan dan pengorperasian, bila ada. Yang perlu ditanyakan adalah berapa orang personil yang saat ini ditugaskan untuk menangani masalah drainase. Dari jumlah tersebut bagaimana tingkat pendidikannya, apa jabatannya, bagaimana posisinya pada struktur organisasi yang ada. Apa tujuan semua itu ?

Dengan hasil perencanaan sistim drainase, apabila telah dilaksanakan, diperlukan suatu organisasi yang menangani baik dalam mengelola, mengoperasian dan memelihara. Dari personil yang sudah ada, masih diperlukan berapa lagi. Ini perlu disampaikan kepada instansi terkait, agar sudah dipersiapkan baik dalam kebutuhan personil, ruang kerja, peralatan dan biaya operasinya.

j. Peraturan

Peraturan-peraturan yang diperlukan adalan semua peraturan yang berkaitan dengan drainase perkotaan, yang sudah ada di daerah tersebut, misalnya Perda tentang saluran drainase, sampah dsbnya. Kemudian ditinjau lagi apakah peraturan yang sudah ada cukup memadai dengan sistim jaringan drainase yang akan direncanakan.

k. Aspirasi Pemerintah dan Peran serta Masyarakat.

Dengan mengetahui aspirasi pemerintah daerah, antara lain berdiskusi dengan instansi terkait dan Pemda, perencanaan drainase akan lebih terarah dan mencapai sasaran.

Peran serta masyarakat dapat diperoleh dengan mengadakan dialog dengan masyarakat yang menderita akibat genangan, khususnya dengan tokoh-tokoh masyarakat atau yang mewakili kepentingan masyarakat. Dengan berdialog dan mengajak mereka untuk ikut memikirkan jalan keluar mengatasi masalah yang ada, akan menumbuhkan rasa ikut memiliki apabila jaringan drainase telah dilaksanankan. dengan demikian mereka dapat dengan mudah diajak untuk memelihara atau minimal menjaga.

l. Data Sosial Ekonomi

Data sosial ekonomi dapat diperoleh dari Biro Statistik atau Kantor Kelurahan. Tujuan mengetahui kondisi sosial ekonomi masyarakat adalah untuk menghindari timbulnya masalah-masalah sosial apabila saluran drainase atau bangunan-bangunannya akan dibangun dikemudian hari.

Contoh : Hindari menempatkan saluran induk ditengah-tengah daerah padat penduduk, yang mengakibatkan terjadinya penggusuran dalam jumlah yang besar.

m. Kesehatan lingkungan Pemukiman

Masalah ini perlu dipertimbangkan dalam perencanaan. Tujuan membangun sistim drainase adalah meningkatkan kesehatan lingkungan, jangan sampai yang terjadi adalah sebaliknya.

Misalnya suatu wilayah yang semula bagus, menjadi tidak sehat lagi.

Contoh : Dengan dibangunnya saluran drainase, pada musim kemarau menimbulkan bau yang tidak enak, atau saluran drainase meningkatkan populasi nyamuk.

n. Banjir Kiriman

Perlu dikaji adanya kemungkinan banjir kiriman dari daerah hulu. Bila ada, perlu diantisipasi dalam perencanaan, atau dikoordinasikan dengan instansi lain yang menangani masalah tersebut.

o. Peta Situasi dan Pengukuran Jalur Saluran

Untuk perencanaan detail, yaitu penempatan saluran-saluran kwarter dan tersair diperlukan peta situasi dalam skala besar, misalkan 1 : 1.000. Pada peta sudah digambarkan rumah-rumah dan jalan serta kenampakan-kenampakan lain yang penting.

Setelah jalur saluran ditentukan, dilakukan lagi pengukuran jalur saluran baik dalam arah memanjang maupun dalam arah melintang. Arah melintang

dilakukan tiap jarak 50 m dengan batas pengukuran kekiri dan kekanan sejauh yang diperlukan.

p. Data Tanah

Bila diatas telah diuraikan tentang kebutuhan data jenis tanah, disini diperlukan data tanah dari segi kekuatannya.

Data tanah yang dipelukan khususnya pada rencana bangunan-bangunan yang besar, misalnya jembatan.

Jenis penyelidikan tergantung dari besar kecilnya bangunan. Bila bangunan tidak terlalu besar, jenis penyeledikan cukup dengan sondir dan bor tangan, tetapi bila bangunan cukup besar, selain sondir diperlukan pula pemboran mesin dan dilakukan pengambilan sampel tanah untuk kemudian diuji di laboratorium.

q. Data Hujan

Data hujan diperoleh dari Dinas Meterorologi & Geofisika atau stasiun pengamat hujan lainnya, misalkan milik Puslitbang Pengairan.

Yang perlu dikumpulkan minimal data curah hujan harian selama 10 tahun atau lebih. Data ini diperlukan untuk menghitung debit rencana (lihat bagian hidrologi)

r. Data Bahan Bangunan

Cari informasi bahan bangunan yang mudah diperoleh dan murah untuk kepentingan pemilihan jenis bangunan pada desain saluran dan bangunan.

5.2. KRITERIA PERANCANGAN.

Kriteria perancangan adalah suatu kriteria yang dipakai Perancang sebagai pedoman untuk merancang. Perancang diharapkan mampu menggunakan kriteria secara tepat dengan membandingkan kondisi sebenarnya dengan parameter yang tertulis dalam kriteria di bawah ini. Nilai-nilai yang digunakan dalam kriteria diambil dari hasil penelitian terdahulu yang kemudian dikelompokkan dalam parameter yang umum.

Contoh :

- Koefisien pengaliran (run off coefisient)
  Makin kedap permukaan tanah, maka makin tinggi koefisien pengaliran, (lantai beton lebih kedap air dari pada permukaan tanah).
- Koefisien Kekasaran Manning.
  Makin halus permukaan , makin kecil nilai koenfisien Manning (Beton lebih halus dari tanah).
- Kemiringan Tebing Saluran.
  Makin kaku (stiff) tanah, tebing saluran bisa lebih tegak. (cadas lebih kaku dari pada tanah berpasir).

Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengalirkan genangan air sesaat yang terjadi pada saat musin hujan serta dapat mengalirkan air kotor hasil buangan dari rumah tangga.

Kelebihan air atau genangan air sesaat terjadi karena keseimbangan air pada daerah tsb terganggu. Yang disebabkan oleh air yang masuk dalam daerah tersebut lebih besar dari air keluar.

Pada daerah perkotaan, kelebihan air ini terjadi biasanya dikarenakan oleh kelebihan air hujan.

Kapasitas infiltrasi pada daerah perkotaan sangat kecil sehingga menyebabkan terjadinya limpasan air sesaat setelah hujan turun. Sehingga demensi diperlukan untuk membuang kelebihan air hujan yang terjadi, dimana air hujan dapat menimbulkan bahaya pada daerah perkotaan tersebut.

Dalam perancangan saluran drainase, akan digunakan dasar-dasar perancangan saluran tahan erosi. Yaitu saluran yang mampu menahan erosi dengan memuaskan, yang mana dengan mengatur kecepatannya maupun dengan menggunakan dinding dan dasarnya diberi lapisan yang berguna baik untuk menahan erosi maupun mengontrol kehilangan rembesan.

5.2.1. ASPEK ALIRAN/TEKNIS

Faktor-faktor yang diperlukan dipertimbangkan untuk perancangan saluran tahan erosi adalah :

- Macam material yang membentuk tubuh saluran untuk menentukan koefisien kekasarannya.

- Kecepatan aliran minimum yang diijinkan agar tidak terjadi pengendapan apabila air mengandung lumpur dan sisa-sisa kotoran.
- Kemiringan dasar dan dinding saluran.
- Tampang yang paling efisien, baik hidrolis maupun empiris.

Dimensi saluran dihitung dengan menggunakan rumus-rumus untuk perhitungan aliran seragam (beraturan) dengan mempertimbangkan :
- Efisiensi hidrolis
- Kepraktisan
- Ekonomis

Beberapa kriteria perancangan dapat diuraikan berikut ini :

a. Koefisien Larian (run off)

Ketepatan dan menetapkan besarnya debit air yang harus dialirkan melalui saluran drainase pada daerah tertentu, sangatlah penting dalam penentuan dimensi saluran.

Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, namun bila terlalu kecil akan mempunyai tingkat ketidak berhasilan yang tinggi.

Menghitung besarnya debit rancangan drainase perkotaan umumnya dilakukan dengan memakai metode Rasional. Hal ini karena relatif luasan daerah aliran tidak terlalu luas, kehilangan air sedikir dan waktu konsentrasi relatif pendek.

Apabila luas daerah lebih kecil dari 0.80 km2, kapasitas pengaliran dihitung dengan metode Rasional, yaitu :

$$Q = f \cdot C \cdot I \cdot A$$

dimana :

Q = kapasitas pengaliran (m 3/dt)
f = faktor konversi sebesar 0,278
C = koefisien pengaliran
I = intensitas hujan pada periode ulang tertentu (mm/jam)
A = luas daerah pengaliran (km2).

Besarnya koefisien pengaliran dapat dilihat pada tebel berikut ini :

b. Bentuk-bentuk Saluran :

Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak terlampau jauh berbeda dengan saluran air irigasi pada umumnya.

Dalam perancangan dimensi saluran harus diusahakan dpat memperoleh dimensi tampang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berartui tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yan terlalu kecil, tingkat kerugian akan besar.

Bentuk saluran drainase terdiri dari :

1. Bentuk trapesium
2. Bentuk empat persegi panjang
3. Bentuk lingkaran, parabol dan bulat telor
4. Bentuk tersusun

Untuk lebih jelasnya bentuk-bentuk saluran drainase dapat dilihat pada gambar berikut :

Koenfisien Pengaliran (C)

Type Daerah Aliran	Harga C
– Perumputan :	
1. tanah pasir. datar 2%	0.05 - 0,10
2. tanah pasir. rata-rata 2-7 %	0.10 - 0.15
3. tanah pasir. curam. 7 %	0.15 - 0,20
4. tanah gemuk. datar. 2 %	0.13 - 0.17
5. tanah gemuk. rata-rata 2-7 %	0.18 - 0.22
6. tanah gemuk.curam. 7 %	0.25 - 0.35
– Busines :	
1. daerah kota lama	0.75 - 0.95
2. daerah pinggiran	0.50 - 0.70
– Perumahan :	
1. daerah "single family"	0.30 - 0.50
2. "multi units" terpisah-pisah	0.40 - 0.60
3. "multi unit" tertutup	0.60 - 0.75
4. "suburan"	0.25 - 0,40
5. daerah rumah-rumah apartemen	0.50 - 0,70
– Industri :	
1. daerah ringan	0.50 - 0.80
2. daerah berat	0.60 - 0,90

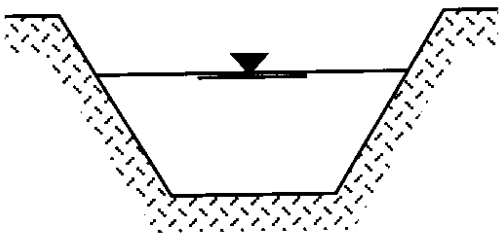
–	Pertamanan, kuburan.	0.10 -0,25
–	Tempat bermain	0,20 - 0,35
–	Halaman kereta api	0,20 - 0,40
–	Daerah yang tidak dikerjakan	0,10 - 0,30
–	Jalan :	
	1. beraspal	0,70 -0,95
	2. beton	0,80 - 0,95
	3. batu	0,70 - 0,85
–	Untuk berjalan dan naik kuda	0,75 - 0,85
–	Atap	0,75 - 0,95

Efektifitas penggunaan dariberbagai bentuktampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sbb. :

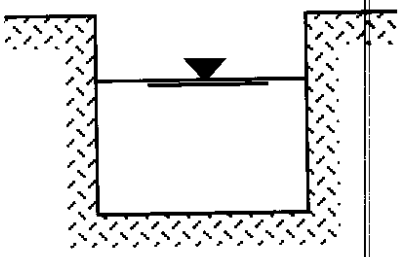
1. Bentuk Trapesium
   Saluran drainase bentuk trapesium pada umumnya saluran dari tanah. Tapi dimungkinkan juga bentuk ini dari pasangan. Saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

2. Bentuk Empat Persegi Panjang
   Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus dari pasangan ataupun beton.

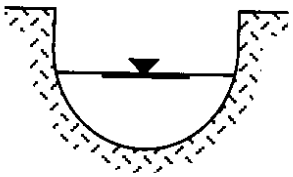
   Bentuk saluran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga, maupun air irigasi.



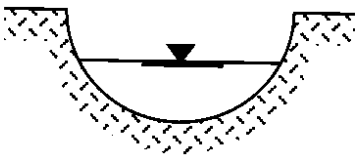
(1)



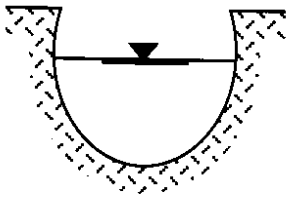
(2)



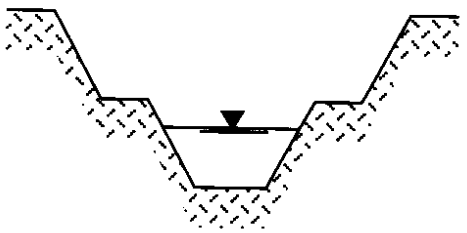
(3a)



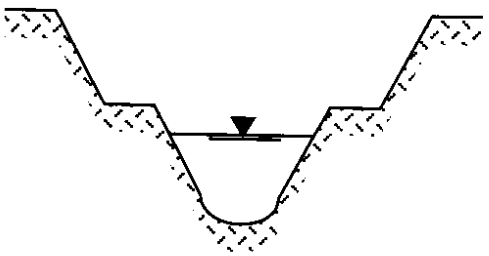
(3b)



(3c)



(4a)



(4b)

3. Bentuk Lingkaran, Parabol dan Bulat Telor
   Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangandan pipa beton. Dengan bentuk dasar saluran yang bulat memudahkan pengangkutan bahan endapan/limbah.

   Bentuk sakuran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga, amupun air irigasi.

4. Bentuk Tersusun
   Saluran bentuk tersusun dapat berupa saluran dari tanah maupun dari pasangan.
   Tampang saluran yang bawah berfungsi mengalirkan air rumah tangga pada kondisi tidak ada hujan, apabila terjadi hujan maka kelebihan air dapat ditampung apda saluran bagian atas. Tampang saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan dapat digunakan untuk saluran air hujan, saluran air rumah tangga ataupun saluran irigasi.

c. Macam Material

Lapisan dasar dan dinding saluran drainase tanah erosi bisa dibuat dari : beton, pasangan batu kali, pasangan batu merah, aspal, kayu, besi cor, baja, plastik dll.

Pilihan materialnya tergantung pada tersedianya serta harga bahan, cara konstruksi saluran.

Penampng melintang saluran drainase perkotaan, pada umumnya dipakai bentuk segi empat, karena dipandang lebih efisien didalam pembebasan tanahnya jika dibandingkan dengan bentuk trapesium.

Untuk keadaan tertentu bila dipakai bentuk trapesium maka besarnya kemiringan dinding saluran yang dianjurkan sesuai dengan jenis bahan yang membentuk bahan saluran, mengikuti tabel berikut.

Kemiringan dinding saluran sesuai bahan.

Bahan saluran	Kemiringan dinding (m)
– Batuan / cadas	~ 0
– Tanah lumpur	0,25
– Lempung keras/tanah	0,5 - 1
– Tanah dengan pasangan batuan	1
– Lempung	1,5
– Tanah berpasir lepas	2
– Lumpur berpasir	3

d. Kemiringan Saluran

Yang dimaksud kemiringan saluran adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dan dinding saluran.

Kemiringan dasar saluran disini adalah kemiringan dasar saluran arah memanjang dimana umumnya dipengaruhi oleh kondisi topografi, serta tinggi tekanan yang diperlukan untuk adanya pengaliran sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

Kemiringan dasar saluran maksimum yang diperbolehkan adalah 0,005 - 0,008 tergantung pada bahan saluran yang digunakan. Kemiringan yang lebih curam dari 0,002 bagi tanah lepas sampai dengan 0,005 untuk tanah padat akan menyebabkan erosi (Penggerusan).

e. Kecepatan minimum yang diijinkan.

Kecepatan minimum yang diijinkan, adalah kecepatan terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan dan tidak merangsang tumbuhnya tanaman aquatic serta lumut.

Pada umumnya dalam praktek, kecepatan sebesar 0,60 - 0,90 m/det. dapat digunakan dengan aman apabila prosentase lumpur yang ada di di air cukup kecil.

Kecepatan 0,75 m/det. bisa mencegah tumbuhnya tumbuh-tumbuhan yang dapat memperkecil daya angkut saluran.

f. Jagaan (Freeboard)

Yang dimaksud dengan jagaan atau freeboard dari suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai permukaan air pada kondisi perencanaan.

Jagaan direncanakan untuk dapat mencegah peluapan air akibat gelombang serta fluktuasi permukaan air, misalnya berupa gerakan-gerakan angin serta pasang surut.

Jagaan tersebut direncanakan antara kurang dari 5% sampai dengan 30% lebih dari dalamnya aliran.

g. Koefisien kekasaran Manning

Dari macam-macam jenis saluran, baik berupa saluran tanah maupun dengan pasangan, besarnya koefisien Manning dapat mengacu pada tabel berikut.

Koefisien kekasaran manning.

Type Saluran	Kondisi		
	baik	cukup	buruk
– Saluran buatan :			
1. Saluran tanah, lurus beraturan	0,020	0,023	0,25
2. Saluran tanah, digali biasanya	0,028	0,030	0,025
3. Saluran batuan, tidak lurus dan tidak beraturan	0,040	0,045	0,045
4. Saluran batuan, lurus beraturan	0,030	0,035	0,035
5. Saluran batuan, vegatasi pada sisinya	0,030	0,035	0,040
6. Dasar tanah, sisi batuan koral.	0,030	0,030	0,040

7. Saluran berliku-liku kecepatan rendah	0,025	0,028	0,030
– Saluran alam :			
1. Bersih, lurus. tetapi tanpa pasir dan tanpa celah.	0.028	0.030	0,033
2. Berliku, bersih , tetapi berpasir dan berlubang	0.035	0.040	0,045
3. Idem 3, tidak dalam, kurang beraturan	0.045	0.050	0, 065
4. Aliran lambat, banyak tanaman dan lubang dalam	0.060	0.070	0,080
5. Tumbuh tinggi dan padat	0.100	0,125	0,150
– Saluran dilapisi :			
1. Batu kosong tanpa adukan semen	0.030	0.033	0,035
2. Idem 1, dengan adukan semen	0.020	0.025	0,030
3. lapisan beton sangat halus	0.011	0.012	0,013
4. Lapisan beton biasa dengan tulangan baja	0.014	0.014	0,015
5. Idem 4, tetapi tulangan kayu	0.016	0,016	0,018

5.2.2 ASPEK BIAYA

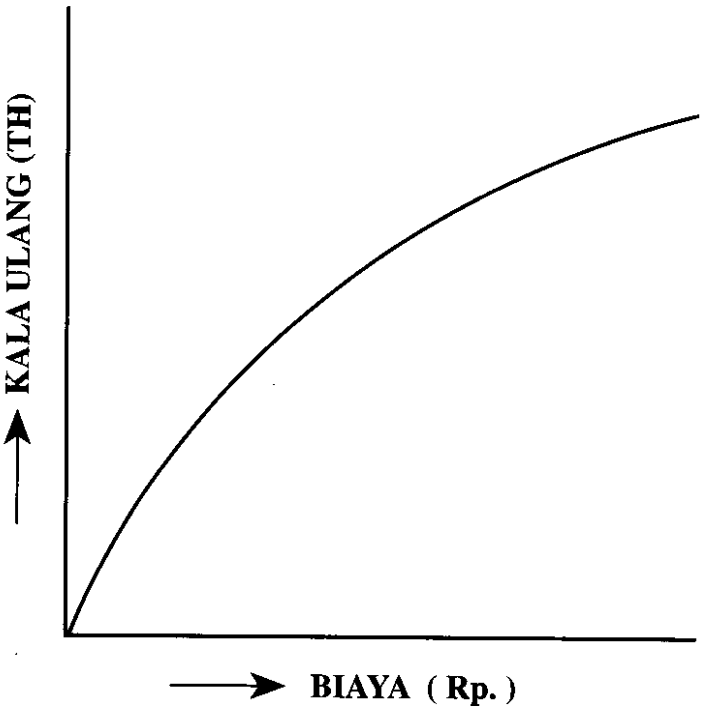
Disamping kriteria-kriteria yang disiapkan berdasarkan kondisi alam diatas, ada pula kriteria-kriteria yang dibuat berdasarkan kondisi batas yang lain.

Kondisi batas ini meliputi antara lain aspek biaya, sosial, lingkungan dan lain sebagainya. Salah satu kriteria yang mendasarkan pada aspek biaya (& mamfaat) adalah kala ulang untuk debit rencana yaitu sbb :

Besar kala ulang hujan untuk perencanaan sistem penyaluran air hujan.

Jenis Saluran	Tata Guna Tanah	Kala Ulang (th)
– Permulaan	Pemukiman	2
	Komersial	5
	Industri	5
– Utama	Saluran-saluran	25

Untuk memperjelas hubungan antara biaya dan manfaat dari pemilihan kala ulang dalam hubungannya dengan tata guna lahan dapat dilihat dalam grafik dibawah ini.



5.3. PERANCANGAN SALURAN

Sebelum merencanakan dimensi saluran, langkah pertama yang harus diketahui adalah berapa debit rencananya. Untuk menghitung debit rencana, perlu diketahui berapa luas daerah yang harus dikeringkan oleh saluran tersebut.

Berapa besar air yang dibuang berdasarkan tata guna lahan. Jadi langkah pertama adalah merencana tata letak. Tata letak direncana berdasarkan peta kota dan peta topografi. Tentukan letak saluran-saluran, kemudian hitung beban saluran-saluran tersebut, dari yang terkecil sampai ke saluran induk. Setelah besarnya debit untuk masing-masing saluran diketahui, barulah dilakukan perhitungan dimensi saluran.

Untuk merencanakan dimensi penampang pada saluran drainase digunakan pendekatan rumus-rumus aliran seragam.

Aliran seragam ini mempunyai sifat-sifat sbb :

a. Dalamnya aliran, luas penampang lintang aliran, kecepatan aliran serta debit selalu tetap pada setiap penampang lintang.

b. Garis energi dan dasar saluran selalu sejajar.

Bentuk penampang saluran drainase dapat merupakan saluran terbuka maupun saluran tertutup tergantung dari kondisi daerahnya. Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sangat sederhana tetapi memberikan hasil yang memuaskan, oleh karena itu rumus ini dapat luas penggunaannya sebagai rumus aliran seragam dalam perhitungan saluran.

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$
$$Q = A \cdot V = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Dimana :

V = kecepatan aliran (m/det)
n = angka kekasaran saluran
R = jari-jari hidrolis saluran (m)
S = kemiringan dasar saluran
Q = Debit saluran (m3 / det)
A = Luas penampang basah saluran (m2)

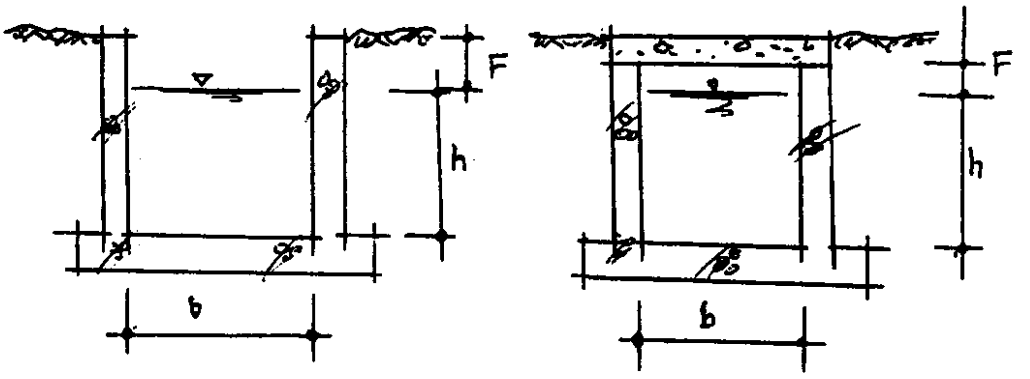
a. Penampang saluran segiempat.

1) Penampang saluran segi empat terbuka.

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$
$$Q = A / V = A \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

- Angka kekasaran (n) dapat ditentukan berdasarkan jenis bahan yang dipergunakan (lihat tabel di Bagian 5.2).
- Kemiringan tanah asli = kemiringan dasar saluran (S) dapat diketahui berdasarkan topografinya.
- Penampang segiempat berarti talud t = 1 : 1. m = 1, perbandingan lebar saluran (9b) dan tinggi air (h) = b/h = 1, sehingga b = h
- Luas penampang (A) = b x h = h^2
- Keliling basah (P) = b + 2 h = h + 2h = 3h.
- Jari-jari hidroulis (R) = A/P = h^2/3h = 0,333 h
- Kecepatan aliran V = 1/n . $R^{2/3}$. $S^{1/2}$ dapat dicari.

- Q = A. V ---------> tinggi saluran didapat.
- Tinggi jagaan = 25 % h
- Jadi tinggi saluran (H) = h = tinggi jagaan.



2) Penampang saluran segi empat tertutup.

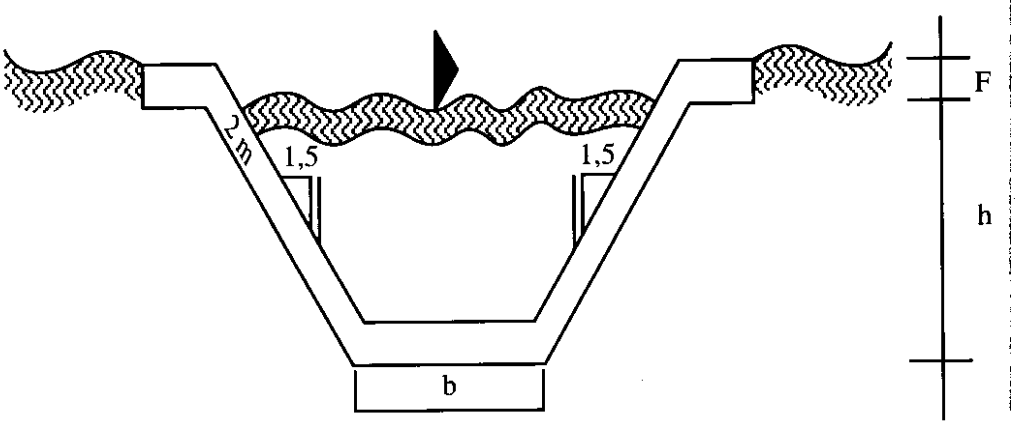
Perencanaan perhitungannya sama seperti pad perencanaan saluran drainase penampang segi empat terbuka. Dalam hal ini yang berbeda hanya Q rencana, kemiringannya sesuai dengan data hidrologi, topografi.

b. Penampang Saluran Trapesium.

V = 1/n . R2/3 . S1/2
Q = A . V, dimana Q = Q rencana.

- Angka kekasaran ditentukan berdasarkan jenis bahan yang dipergunakan (tasbel pada Bag.5.2).
- Kemiringan dasar seluruh (S) ditentukan berdasarkan data topografi (atau disebut S = 0,0006).
- Kemiringan dinding saluran = 1 : 1,5 (berdasarkan kriteria).
- Perbandingan lebar saluran (b) dan tinggi air (h) = b : h = 1 sehingga b=h
- Luas penampang (A) = (b+m h) h = (h+1,5 h) h + 2,5 h^2.
- Keliling basah (P) = b + 2 h V 1 + m^2
  = h + 2h V (1+$1,5^2$) = 4,606 h.
- Jari-jari hidrolis (R) = A / P = 2,5 h^2/4,606 h
  = 0,543 h
- Kecepatan aliran = 1/n . $R^{2/3}$. $S^{1/2}$ dapat ditentu
- Q = A . V, dimana Q = Q rencana telah didapat dalam perhitungan hidologi.

- Tinggi air (H) = dapat dicari
- Lebar dasar saluran = 1,5 x h
- Tinggi jagaan = 25 % h.
- Jadi tinggi saluran (H) = h + tinggi jagaan.



PERANCANGAN BANGUNAN

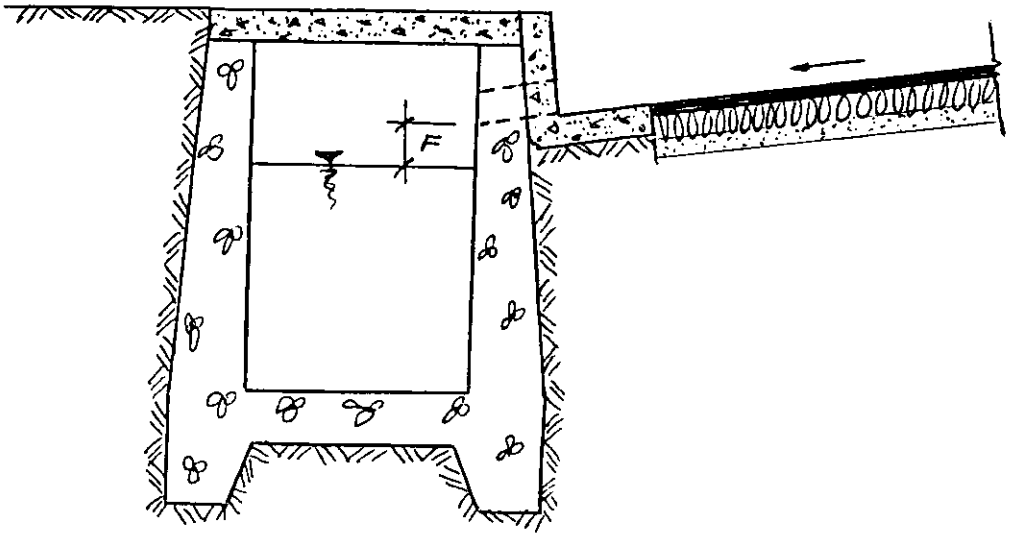
Dalam perancangan Drainase Perkotaan, diperlukan pula bermacam-macam Bangunan yang berfungsi sebagai sarana untuk :

- Memperlancar surutnya genangan yang mungkin timbul diatas permukaan jalan, karena Q hujan Q rencana.
- Memperlancar arus saluran.
- Mengamankan terhadap bahaya degradasi pasa dasar saluran.
- Mengatur saluran terhadap pasang surut, khususnya didaerah pantai.

Adapun bangunan-bangunan sebagaimana tersebut diatas adalah :

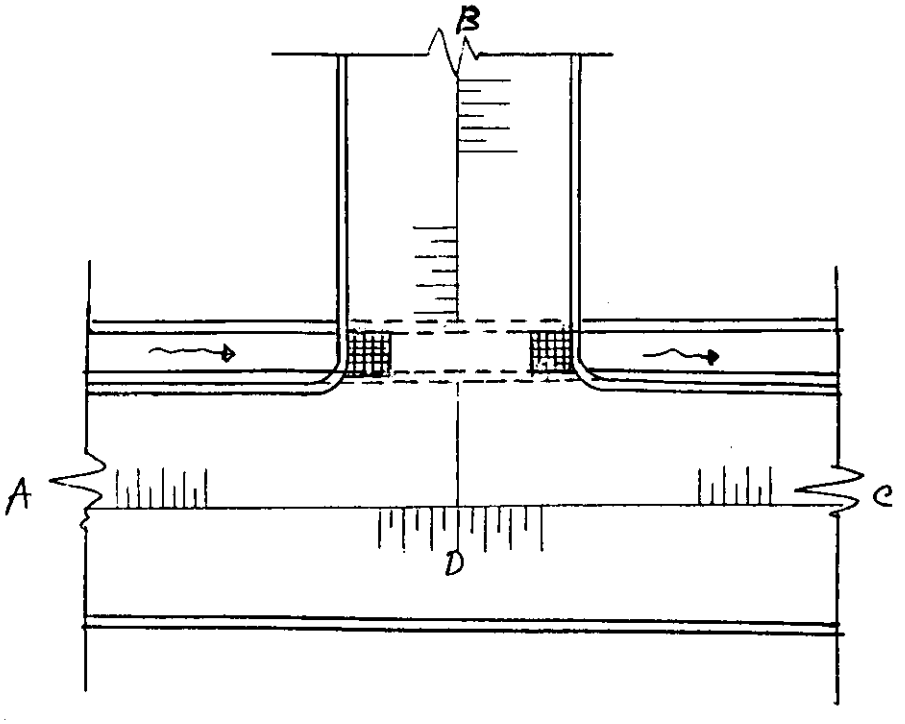
a. Inlet–tegak.

Bangunan Inlet–tegak ditempatkan pada jarak–jarak tertentu disepanjang tepi jalan (KERB) atau pada pertemuan Kerb diperempatan–jalan. Perlu diperhatikan bahwa tinggi Jagaan (F) minimal harus dipertahankan sehingga air dalam saluran tidak keluar lagi kepermukaan tepi jalan melewati Inlet–tegak tersebut.



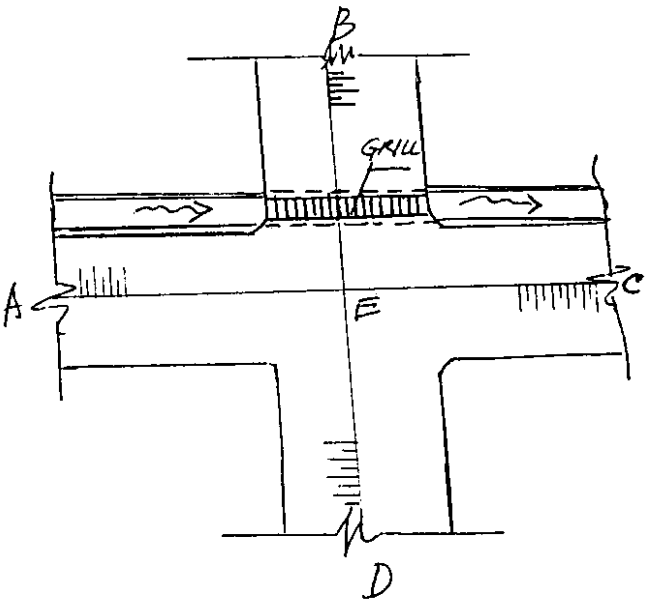
b. Inlet–datar.

Bangunan Inlet-datar ditempatkan pada pertigaan jalan, dimana pada arah melintang jalsn terdapat saluran. Perlu diperhatikan bahwa tinggi jagaan (F) minimal harus dipertahankan sehingga air dalam saluran tidak sampai meluap melalui Inlet–datar tersebut.

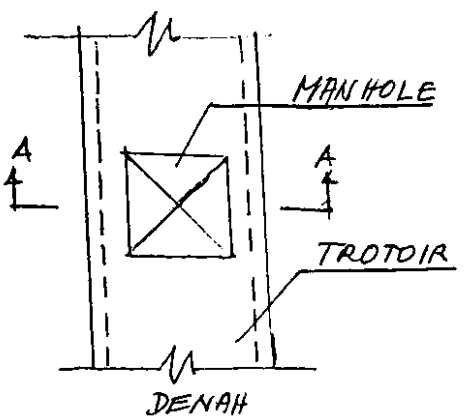


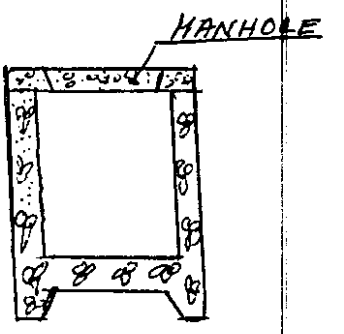
c. Grill.

Bangunan Grill ditempatkan pada perempatan melintang jalan, dimana dibawahnya terdapat saluran, yang berfungsi menerima air yang lewat Grill tersebut. Perlu diketahui penempatan Grill tersebut harus berada pada tempat yang terendah dari jalan yang menurun (BE). Persyaratan tinggi Jagaan minimum (F) juga harus dipertahankan. Kecuali itu permukaan atas dari Grill harus sama dengan permukaan jalan, sehingga nyaman bagi pengendara yang lewat.



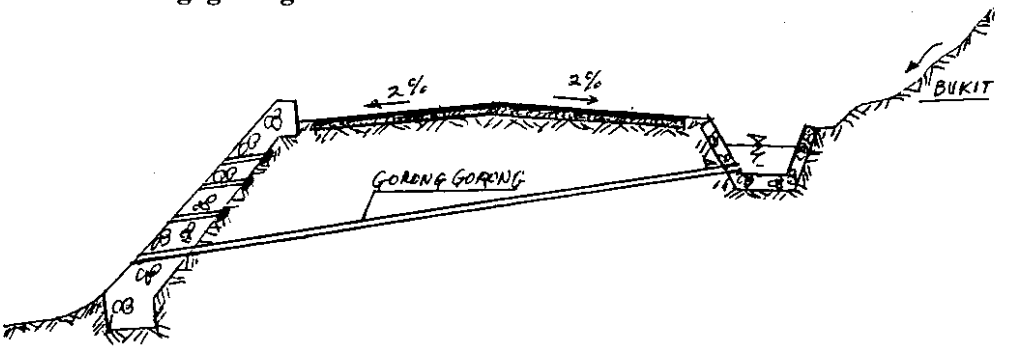
d. Manhole.





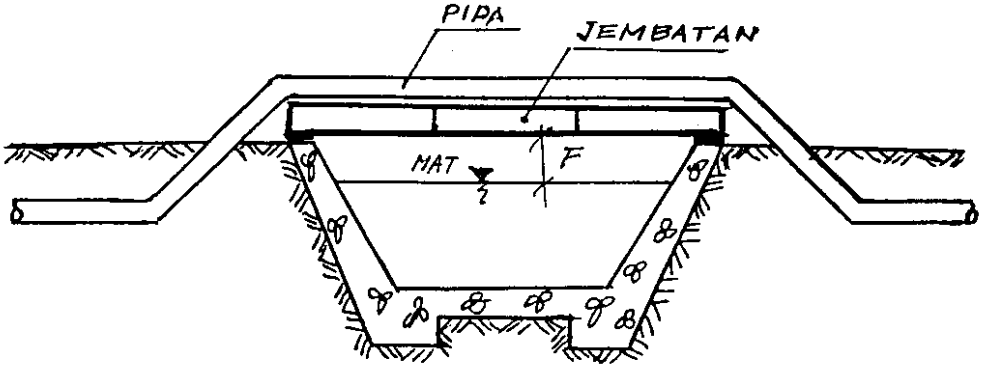
Bangunan Manhole diletakkan pada jarak-jarak tertentu disepanjang Trotoir. Perlu diperhatikan bahwa ukuran Monhole harus cukup untuk keluar masuk orang ke saluran, sehingga mudah dalam pemeliharaan saluran. Kecuali itu berat tutup Manhole juga harus dengan mudah diangkat maksimum oleh dua orang.

e. Gorong–gorong.



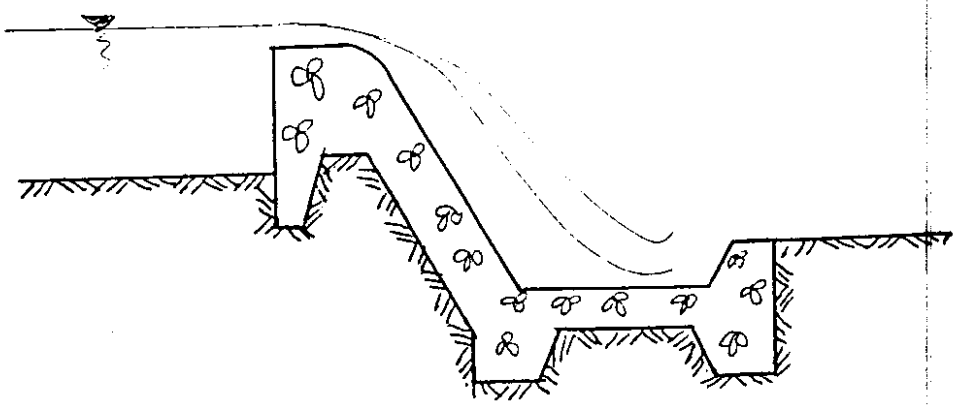
Bangunan Gorong-gorong biasanya dibuat untuk menghubungkan saluran dikaki bukit melintang jalan dibawahnya dan berakhir disisi bawah dari Bagunan Penahan Tanah yang mendukung struktur jalan tersebut. Perlu diperhatikan bahwa tinggi air (h) dari Gorong-gorong tinggi air (h) saluran sehingga aliran tidak penuh.

f. Jembatan.



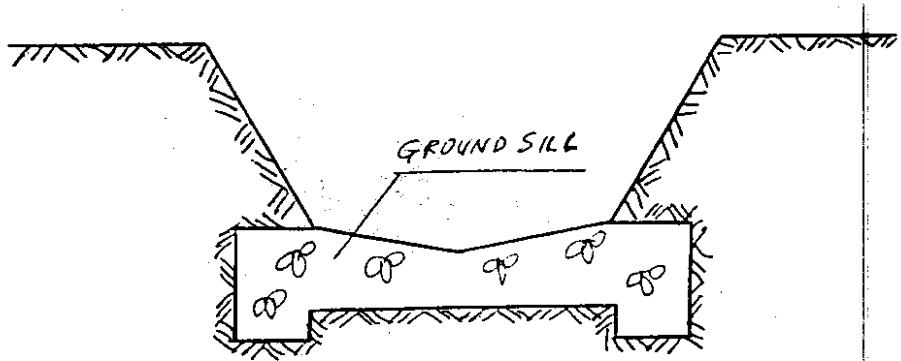
Bangunan Jembatan dimaksukan untuk mendukung pipa (saluran air / minyak) atau jalan yang melitang saluran drainase. Perlu diperhatikan bahwa tinggi Jagaan (F) harus dipertahankan sesuai persyaratan yang direncanakan, supaya sampah yang terapung diatas permukaan air saluran tidak tersangkut oleh Jembatan.

g. Bangunan Terjun.



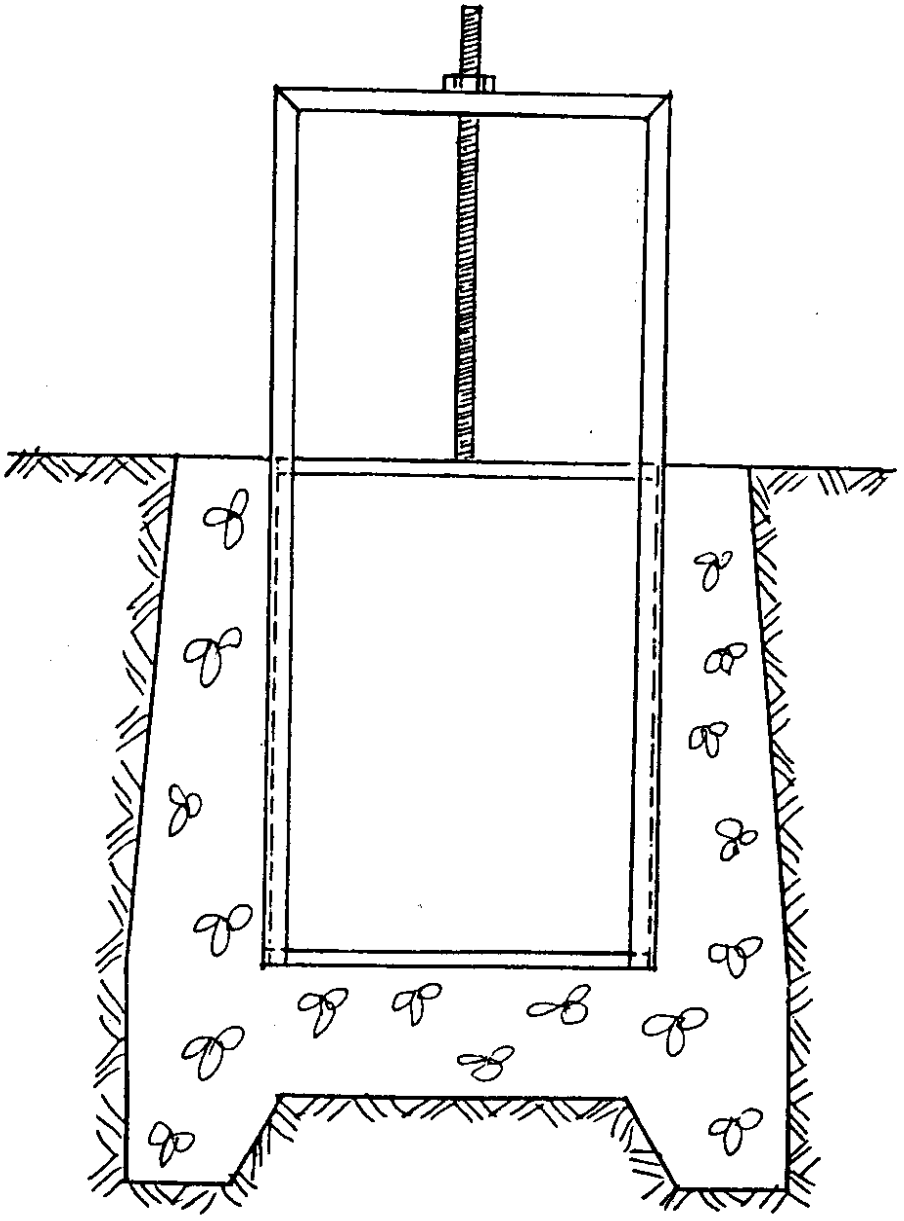
Bangunan Terjun diperlukan bila penempatan saluran terpaksa harus melewati jalur dengan kemiringan dasar (S) yang cukup besar.

h. Ground Sill.



Bangunan Ground sill ditempatkan melintang saluran pada jarak–jarak tertentu sehingga dapat berfungsi sebagai pengaman terhadap bahaya degradasi terhadap dasar saluran.

i. Pintu Air.



Bangunan Pintu Air dapat berupa Pintu Air Manual dan Pintu Air Otomatis, berfungsi sebagai penahan air pasang atau air banjir dari sungai.

SOAL / LATIHAN

1. **Soal :**

   Pada waktu mengumpulkan data topografi, dicari pula infomasi tentang elevasi muka air banjir di sungai, dimana saluran drainase akan bermuara. Jelaskan tujuan informasi tersebut.

   Penyelesaian :

   Saluran drainase berfungsi pada waktu hujan. Pada saat yang bersamaan, bisa terjadi aliran air di sungai meningkat karena adanya aliran dari hulu. Elevasi muka air banjir tersebut perlu dipertimbangkan pada desain saluran, karena bisa menimbulkan efek pengempangan pada saluran drainase.

2. **Soal :**

   Dari hasil analisa hidrologi, diperoleh Q rancangan sebesar 2,3 m^3/det.

   Rencanakan saluran drainase tersebut bila dari data lapangan diperoleh informasi sebagai berikut :
   - jenis tanah : lempung
   - lebar tanah tersedia : 5,5 m
   - kemiringan lahan = 0,001

   Penyelesaian :

   Dicoba saluran tanah (tanpa pasangan)
   Jenis tanah lempung : m =1,5
   Koefisien kekasaran Manning = 0,023
   Tinggi jagaan diambil 0,25 h

   Coba lebar dasar saluran = 2 m

   $Q = 1/n\ A\ R^{2/3}\ S^{1/2}$

   $2,3 = 1/0,023h \times (2+1,5h)h \times [\ (2+1,5h)h\ /\ (2+2hV3,25)\ ]^{2/3} \times 0,001^{1/2}$

   diperoleh h = 0,8 m

   Cek lebar tanah yang diperlukan :

   b + 1,25h x 1,5 = 2 + 3,75 x 0,8 = 5 m (5,5, m (OK)

   Kecepatan saluran = $1/n\ R^{2/3}\ S^{1/2}$
   = 0,9 m/det (OK, tidak terlalu rendah, tidak terlalu cepat)

3. Soal :

AliraN air pada soal No. 2 diatas menyilang jalan. Lebar jalan = 8 m. Elevasi muka air hulu (sebelum menyilang jalan) 1 m dibawah muka jalan. Rencanakan bangunan silang tersebut.

Hitung elevasi muka air hilir terhadap muka jalan.

Penyelesaian :

Kecepatan dalam gorong–gorong 1 - 2 m/det.

Ketebalan tanah penutup diatas gorong–gorong minimum 0,6 m ambil -----> 0,8 m.
Jadi muka air dalam gorong–gorong = 0,2 m dari bagian atas gorong-gorong.

Coba gorong-gorong persegi lebar 1 m dan tinggi air 0,7 m, jagaan 0,2 m.

Penampang basah = 1x 0,7 m = 0,7 m^2

Misalkan kecepatan air dalam gorong-gorong diambil 1,5 m/det.

Kebutuhan gorong-gorong = n
n x 0,7 = 2,3/1,5 ---> $v = 2,2$
Ambil jumlah gorong-gorong 2 buah.

Cek kecepatan : 2,3/2 x 0,7 = 1,64 m/det < 2 m/det (OK)

Jadi dimensi gorong-gorong adalah 2 x (1 m x 0,9 m), sepanjang 8 m, dibuat dari beton.

Kehilangan tinggi tekan melalui gorong-gorong :
Kehilangan pada inlet, sepanjang gorong-gorong dan pada outlet. Koenfisien kehilangan tekanan pada inlet dan outlet bisa dilihat pada kuliah hidolika, disini diasumsikan sebesar 0,2 dan 0.1

Kehilangan tekanan = $(0,2 + n^2L/R^{4/3} + 0,1)v/2g$
= $0,35\ 1,64^2/20 = 0,047$ m

Jadilah elevasi muka air hilir = 1 + 0,047 = 1,05 m dari muka jalan.

Bab 6
Drainase Khusus

6.1 DRAINASE LAPANGAN UDARA

6.1.1 TUJUAN

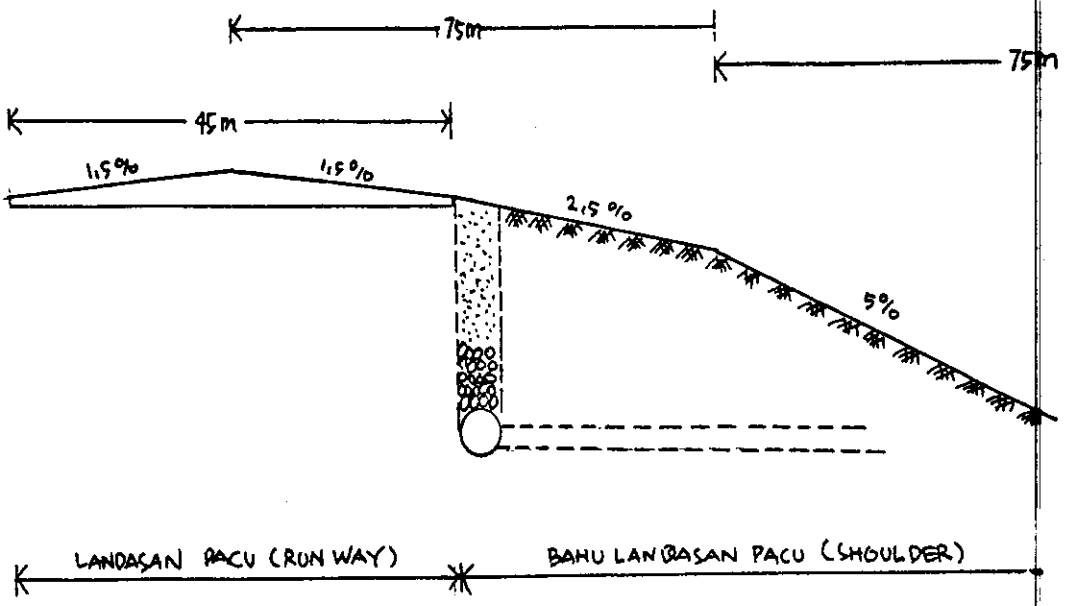
Drainase lapangan udara dibuat dengan tujuan :

1. Mempertahankan daya dukung tanah dengan mengurangi masuknya air.
2. Menjaga agar landasan pacu (runway) dan bahu landasan pacu (shoulder) tidak digenangi air yang dapat membahayakan penerbangan.

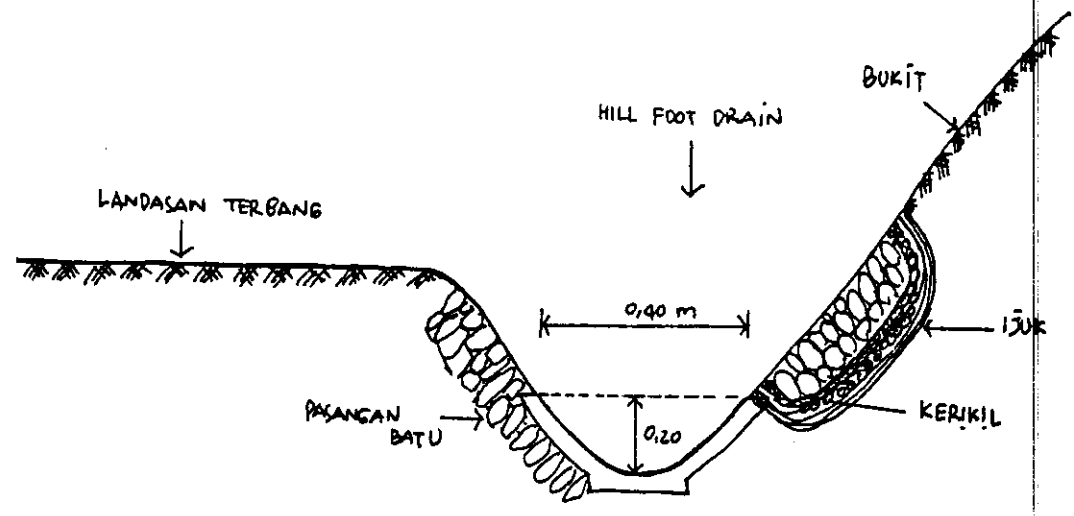
6.1.2 KRITERIA PERENCANAAN DAN PERANCANGAN DRAINASE LAPANGAN TERBANG.

Pada tahapan perencanaan drainase untuk lapangan terbang perlu diperhatikan ha-hal sbb :

1. Saluran drainase harus dibawah muka tanah dan tidak memotong landasan pacu atau runway, karena apabila memerlukan perawatan tidak mengganggu kelancaran aktifitas dari lapangan udara tersebut.
2. Air dari luar wilayah landasan terbang tidak boleh membebani sistem drainase lapangan terbang, jadi perlu adanya drainase tersendiri dikawasan sekitarnya atau yang biasanya disebut hill foot drain.



Gambar 6.1a. Penampang melintang landasan pacu



Gambar 6.1b. Sitem drainase dikawasan sekitar bandara

Perancangan suatu sistem drainase lapangan udara mempunyai beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu :

1. Kemiringan runway memanjang maksimum 1 %
2. Kemiringan shoulder melintang maksimum 2,5 - 5 %
3. Kemiringan runway melintang maksimum 1,5 %
4. Banjir 1 x dalam 10 tahun (periode ulang hujan 10 tahun)

Gambar berikut ini menampilkan keterangan dari kriteria perencanaan drainase lapangan terbang.

Dasar Perhitungan :

1. Perhitungan debit air hujan rencana : $Q = A\alpha\ \beta it\ (=T)$
   - Q = Debit air hujan yang dibuang
   - A = Luas daerah
   - α = Koefisien pengaliran
   - β = Koefisien penyebaran hujan
   - i_t = Curah hujan rata-rata salama T
   - T = Waktu/lamanya pengaliran.

2. Penentuan nilai koefisien pengaliran disesuikan dengan jenis permukaan yang akan dilalui, dan besarnya adalah :

NO.	KEADAAN TEMPAT	α
1.	Atap	0,75 - 0,95
2.	Perkerasan aspal	0,80 - 0,95
3.	Perkerasan Beton	0,70 - 0,90
4.	Perkerasan batu pecah	0,35 - 0,70
5.	Tanah Padat	0,40 - 0,55
6.	Tanah padat dg rumput	0,30 - 0,55
7.	Tanah	0,15 - 0,40
8.	Tanah dg rumput	0,10 - 0,30
9.	Tanah campur pasir	0,10 - 0,20
10.	Tanah campur pasir dan rumput	0,00 - 0,10
11.	Taman	0,05 - 0,25
12.	Kebun	0,00 - 0,20

3. Koefisien Penyebaran (β)

Untuk koreksi pengaruh hujan yang tidak merata faktor keadaan setempat juga mempengaruhi, misalnya : daerah kecil $\beta = 1$

Nilai β untuk suatu daerah luasan tertentu belum ada, maka dapat digunakan tabel perkiraan seperti dibawah ini.

TABEL PERKIRAAN HARGA B.

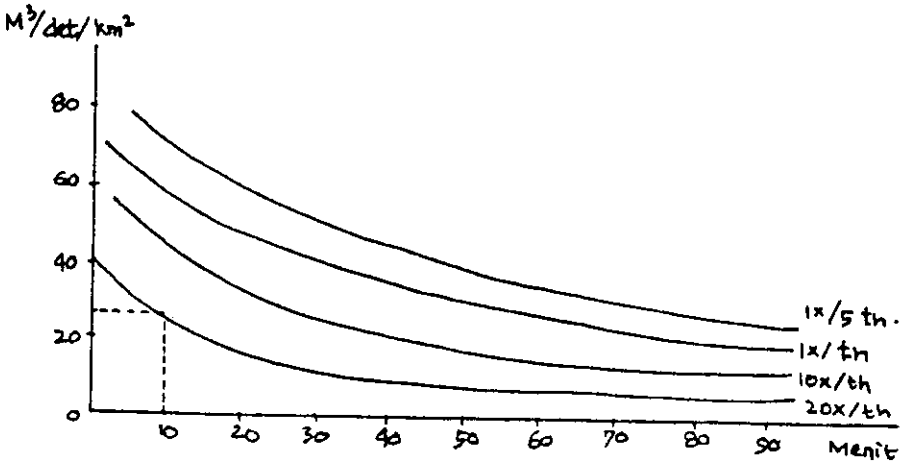
D. (km)	V. BREIN	EROPA
0.1	1,000	0.95
0.2	1,000	0.93
0.3	1,000	0.91
0.4	1,000	0,90
0.5	1,000	0.89
1.0	1,000	0.84
2.0	1,000	0.68
4.0	1,000	0.65
5.0	0,995	0.60
10.0	0,960	0.50
15.0	0,955	0.39
20.0	0,920	0.29
25.0	0,875	0.21
30.0	0,820	–
50.0	0,500	–

Perlu diingat bahwa prinsip perhitungan disini tidak semua air hujan diperhitungkan.

Contoh :

Untuk menghitung jumlah air hujan untuk daerah Jakarta dengan 1 = 5 menit dan saluran meluap 20 x dalam setiap tahun, berdasarkan grafik dibawah ini adalah :

t = 5 menit, dan Q_5 = 30 $m^3/det/km^2$.



RUMUS - RUMUS :

$$Q = A \times \alpha \times \beta \times i_t = T$$

$$T = \frac{L}{v}$$

$$Q = F \times v$$

$$v = c \times \sqrt{RI}$$

$$C = \frac{87}{Y + \frac{\gamma_B}{\sqrt{R}}} \quad \text{..... (BAZIN)}$$

$$C = \frac{100\sqrt{R}}{m + \div R} \quad \text{..... (KUTTER)}$$

$$R = \frac{F}{P}$$

Keterangan :

Q	=	Debit air hujan	C	=	Koefisien kecapatan aliran
A	=	Luas daerah	m	=	Koefisien kekasaran dinding dari kutter
a	=	Koefisien pengaliran	I	=	Kemiringan saluran
b	=	Koefisien penyebaran	i	=	Curah hujan
P	=	Keliling Basah	T	=	Lama hujan
L	=	Panjang saluran	v	=	Kecepatan rata-rata
F	=	Luas penampang basah	B	=	Konstanta Bazin
R	=	Jari-jari hidrolik			

TABEL KONSTANTA BAZIN (B)

TYPE SALURAN	KONDISI SALURAN			
	BAIK SEKALI	BAIK	CUKUP	BURUK
A. SALURAN BUATAN				
1. Saluran tanah lurus,baik	0,50	0.70	0,88	1,05
2. Saluran tanah dengan vegetasi batu, dlsb.	1,05	1,38	1,75	2,10
3. Saluran digali di daerah berbatu (tidak dihaluskan)	1,38	1.75	2,05	2,30
B. SALURAN ALAM				
1. Terpelihara	1,05	1,38	1,75	2,10
2. Saluran dengan vegetasi. batu dlsb.	1,75	2,40	3,50	4,85
C. SALURAN DG LAPISAN				
1. Beton diplester	–	0.055	0,14	0,22
2. Dinding kayu, tembok batu halus	0,055	0,22	0,275	0,33
3. Dinding batu dengan semen (kasar)	0,50	0.69	1,05	1,38
4. Dinding batu tanpa semen	1,05	1.38	1,60	1,75

6.2. DRAINASE LAPANGAN OLAH RAGA

6.2.1. TUJUAN

Sistem drainase untuk lapangan oleh raga bertujuan untuk mengeringkan lapangan olah raga tidak terjadi genangan air apabila terjadi hujan. Hal ini disebabkan karena bila terjadi genangan air maka akan mengganggu dan membahayakan pemakai lapangan. Oleh karena itu diusahakan agar air dapat cepat meresap kedalam tanah (secara infiltrasi)

6.2.2. KRITERIA PERENCANAAN DAN PERANCANGAN DRAINASE UNTUK LAPANGAN OLEH RAGA.

Perencanaan sistem drainase lapangan oleh raga harus diperhatikan :

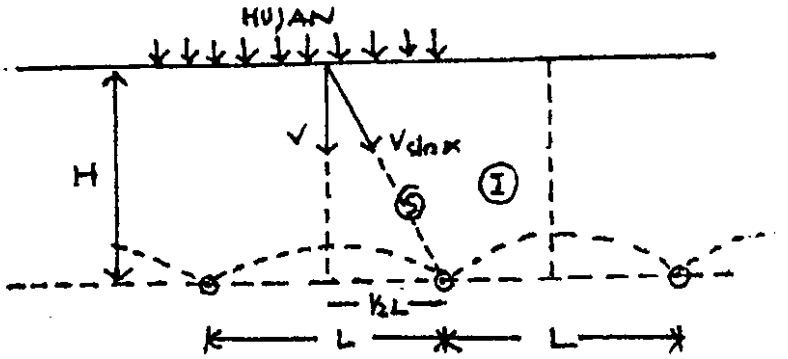
1. Konstruksi sistem drainase diusahakan agar dapat mengeringkan dengan cepat, tetapi tidak mengganggu pertumbunhan rumput.
2. Daerah yang akan ditangani cukup luas dan tidak memungkinkan untuk dibuat suatu lobang pemasukan (inlet).
3. Tidak ada erosi tanah, Limpasan permukaan sekecil mungkin I = 0,007
4. Infiltrasi sebesar mungkin
5. Piping dicegah dengan jalan memberi filter pada sambungan-sambungan pipa.
6. Pembebanan air dari luar dihilangkan dengan membuat saluran disekeliling lapangan.

Perancangan drainase lapangan olah raga.

Infiltrasi pada tanah yang dijumpai di alam berkisar pada kecepatan (V) 430 sd 860 mm/hari sedang persentasi pori disekitar P : (10 sd 50) %, daya resap q = p v = (43 sd 430)mm/hari. Hasil penelitian di laboratorium biasanya berbeda dengan keadaan di alam karena tanah tidak homogen, terdapat retak-retak bekas akar dan lain sebagainya. Selain faktor diatas, peresapan air juga dipengaruhi oleh :

- Terdapatnya lapisan kedap air
- Muka air tanah terletak dekat dengan muka tanah
- Keadaan tanah antara lain : kadar pori tanah, besar butiran dan jenis tanah.

Rumus pendekatan yang digunakan dalam perhitungan adala sebagai berikut "



I = Volume air tanah pada bagian yang diarsir.
V = Kecepatan infiltrasi.
t = S / V sinα dan sinα = H/S = H / $(1/4\ L^2 + H^2)^{0,5}$

Kemampuan sistem drainase untuk mendrain :

q = I/t
I = 1/m * H * P = 1/m * (H/V) *q
1/m = faktor koreksi, karena air yang masuk hanya dari bagian yang diasir dan besarnya = 4/5

Contoh Perhitungan :

Diketahui : Suatu lapangan olah raga dengan luas (200 x 300)m2 = 6Ha. p = 3, V = 650 mm/hari untuk mengeringkan lapangan tersebut digunakan 20 pipa dengan kedalaman H = 1,95 m dan kemiringan i = 4‰

Ditanyakan :

a. Kemampuan tanah untuk mendrain
b. Kemampuan sistem untuk mendrain
c. Diamater pipa yang digunakan

Jawab :

a. q = 30% * 650 mm/hari = 195 mm/hari = 195/8,64 lt/det/ha = 22,6 it/det/ha
Q 6Ha = 6 * (22,6) = 135,6 liter/detik

Kemampuan untuk mendrain adalah 22,6 liter/detik/ha.

Sin α = 1,95 / $(1,95^2 + 5^2)^{0,5}$ = 0,36

S = 5,37 m

t = 5,37/(0,65 * 0,36) = 22,8 hari

I 1,95 = 4/5 (1,95/0,65)195 = 468 mm

Kemampuan sistem untuk mendrain :

q = 468/22,8 = 20,5 mm/hari = 20,5/8,64 = 2,37 (I/det/ha)

Q (6Ha) = 6 x 2,37 = 14,24 I/detik

Jumlah pipa = 20 buah

Kapasitas pengeringan tiap pipa adalah 14,24 / 20 = 0, 71 liter/detik

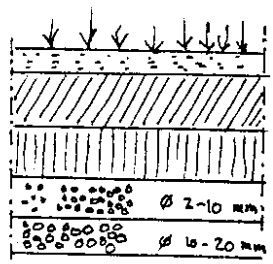
i = 0,004 , n = 0,1

Diameter pipa, Q = V A = 1/n x (0,004)0,5 x (0,25 D)(2/3)

0,71 = (1/0,1) x (0,004)0,5 x (0,25D) (2/3)

D = dapat dihitung

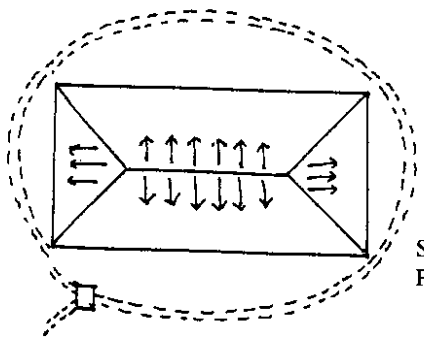
Gambar penampang melintang dari lapangan olah raga :



- RUMPUT
- LAPISAN PENUTUP
- PASIR URUG
- PASIR MURNI
- KERIKIL

Lapisan penutup : campuran antara pasir urug dan pupuk kandang (2 sd 4) : 1

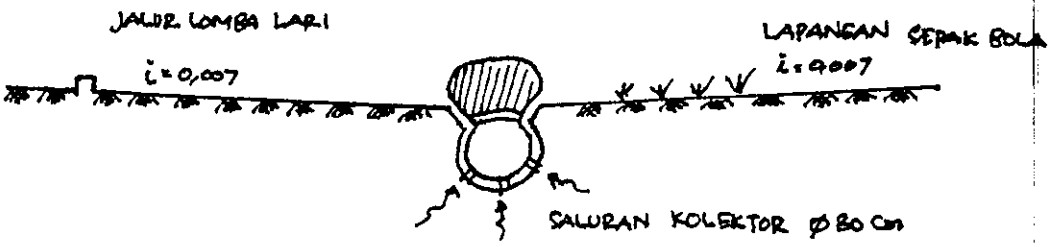
Pasir urug = 50 % Pasir (sand), 25 % Lumpur (silt), 25 % Lempung (Clay)



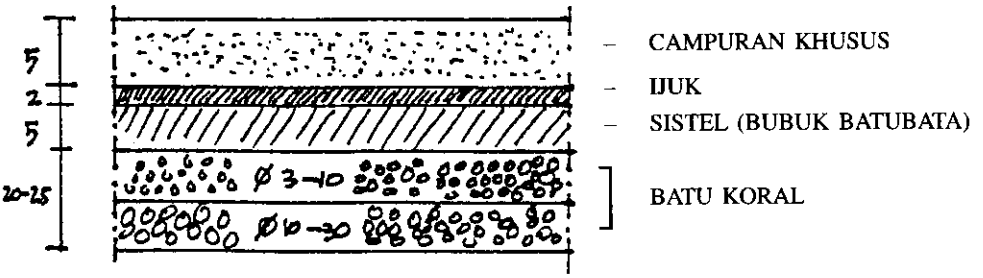
Air hujan sebagian besar meresap masuk kesaluran drainase bawah permukaan dan sebagian ke saluran drainase permukaan. Kemiringan 1 = 0,007

SALURAN PENGUMPUL

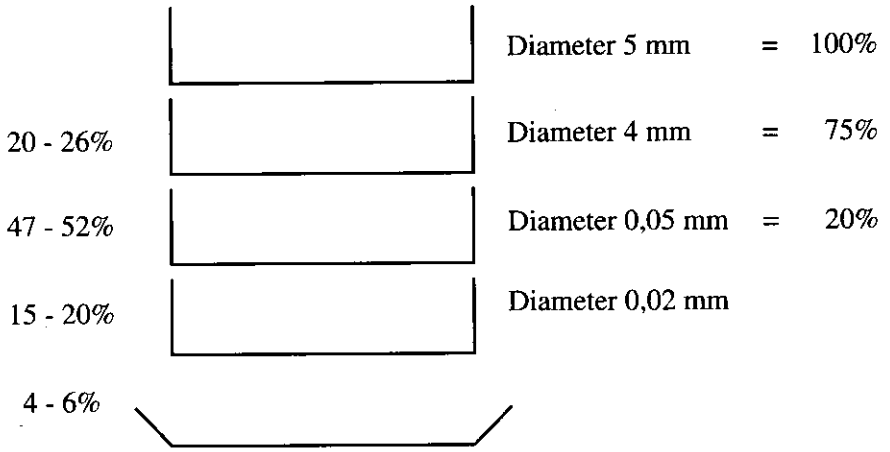
Gambar pola aliran air dan saluran drainasi di seputar lapangan.



Gambar potongan melintang jalur lomba lari.



Gradasi campuran khusus



Campuran khusus terdiri dari :

1. Pecahan genting halus diameter kurang dari 5 mm
2. Pasir urug
3. Kapur

Manfaat pecahan genting harus adalah :

1. Agar daya resap baik
2. Tanah menjadi kasat

Manfaat kapur adalah :

1. Menstabilkan campuran
2. Untuk mengikat lempung agar tidak menjadi lunak bila terlalu banyak air.

6.3. DRAINASI JALAN RAYA

6.3.1 TUJUAN PEMBUATAN SALURAN DRAINASI JALAN RAYA :

a. Mencegah terkumpulnya air hujan (genangan) yang dapat mengganggu transportasi.
b. Menjaga kadar air tanah badan/pondasi jalan tersebut berumur panjang.
c. Mencegah berkurangnya kekuatan bahan-bahan penutup
d. Mengurangi berubah-ubah volume tanah dasar.
e. Mencegah kerusakan karena hasilnya pasir halus pada perkerasan rigit dan mencegah timbulnya gelombang pada perkerasan fleksibel.
f. Mencegah erosi tanah
g. mencegah kelonngsoran lereng
h. Menambah keindahana kota.

6.3.2. KRITERIA PERENCANAASN DAN PERANCANGAN SISTEM DRAINASE JALAN.

a. Luas daerah yang akan dikeringkan (ROW)
b. Perkiraan hujan maksimum.
c. Kemiringan dari daerah sekitarnya dan kemungkinan pengaliran-nya, serta pembuangannya (geomorfologi/bentuk permukaan tanah).
d. Karakteristik tanah dasar termasuk permeabilitas dan kecenderung-an mengikis tanah lain.
e. Prosentasi dari air tanah.
f. Ketinggian rata-rata dari muka air tanah
g. Dalam minimum dari permukaan yang dibutuhkan untuk melin-dungi pipa saluran drainasi dari beban lalulintas.

Rumus-rumus yang digunakan :

Q = C.I.A. .....(cfs)
= (1/3,6). C.I.A .....m^3/det.
= 0,278. C.I.A .....m^3/det
A = Luas
I = Intensitas hujan rata-rata
C = Angka pengaliran

Rumus BURKLI - ZIEGLER

Q = C.I.A. $(S/A)^{025}$ .....(cfs)
S = Kemiringan rata-rata muka tanah.

Rumus lama waktu konsentrasi (t_c)

Rumus Empiris :

$$t_c = 0{,}00013\ L^{0.77}/S^{0{,}385} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(jam)}$$

Rumus KIRPICH :

$$t_c = L1.15/7700.\ H.^{0385} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(jam)}$$

L = Jarak dari tempat terjauh ke saluran drainasi (feet)
H = Selisih tinggi tempat terjauh dengan saluran drainasi (feet)
S = H/L = kemiringan rata-rata daerah aliran.
H = (m)
L = (m)

$$t_c = 0{,}0195\ (L/(S)^{0{,}5})^{0{,}77} \ldots\ldots\ldots \text{(menit)}$$

Tetapi umumnya digunakan rumus : t = L/V ... jam
dan $V = 72.(H/L)^{0.6}$

Rumus Maning untuk saluran terbuka.

v = (1,49/n) R. $^{2/3}$ $S^{1/2}$
Q = (0,00061/n). $D^{8/3.}$ $S^{1/2}$
v = (fps)
S = slope
Q = (cfs)
n = Manning discharge coefficient
D = (inchi)

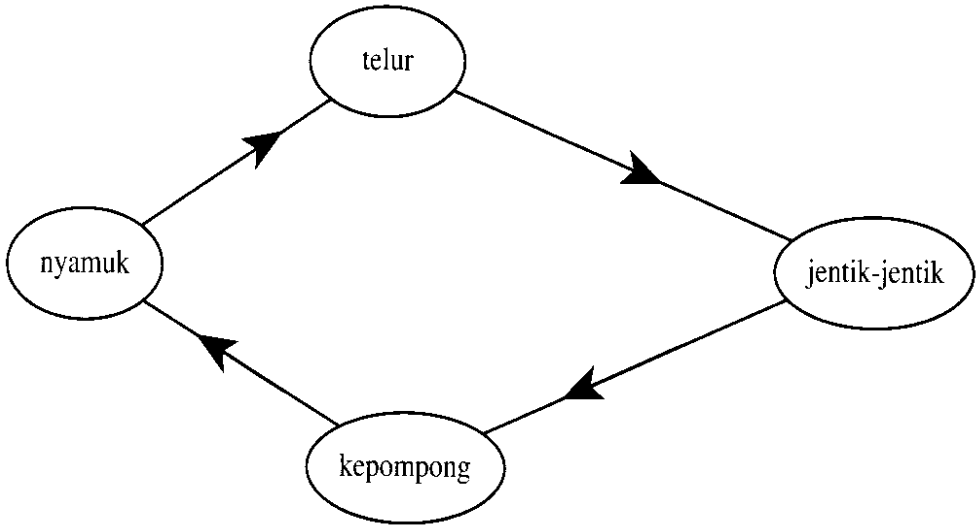
6.4. DRAINASE PENYEHATAN LINGKUNGAN

6.4.1. TUJUAN DRAINASI PENYEHATAN LINGKUNGAN.

Drainasi untuk penyehatan lingkungan antara lain merupakan usaha untuk memberantas nyamuk yang menjadi sumber penyakit malaria dan demam berdarah. Pada daerah-daerah dengan kepadatan penduduk yang padat dan cenderung menjadi daerah kumuh, masalah kesehatan sangat dipengaruhi oleh tersedianya sarana drainasi yang memadai.

6.4.2 KRITERIA PERENCANAN DRAINASE PENYEHATAN LINGKUNGAN

Perencanaan drainasi untuk penyehatan lingkungan dengan memperhitungkan siklus hidup nyamuk pada umumnya 7 - 10 hari



Untuk memutuskan siklus hidupnya, perlu diciptakan suatu lingkungan yang tidak menunjang berkembang biaknya nyamuk dengan :

1. Menghidari genangan air di permukaan tanah dengan membuat sistem drainasi yang memadai.
2. Meninggikan permukaan tanah pada tempat-tempat yang berbentuk cekungan agar tidak terjadi genangan air.

Perancangan sistem drainase untuk penyehatan lingkungan diharapkan dapat memutus siklus hidup nyamuk, untuk itu dikerjakan dengan :

1. Memperkirakan intensitas hujan untuk merancang sistem drainasi.

Misalnya :

- Data curah hujan Jakarta :

Hujan (hari)	Volume hujan (mm)	Volume hujan rata-rata perhari (mm/hari)
1	286	286
5	362	72
10	399	60
20	1053	53

Kemampuan sistem drainase ditentukan berdasarkan dua hal :

1. Jenis nyamuk yang bertelor pada waktu tidak hujan dan saat hujan, sehingga sistem yang dirancang dapat memotong siklus hidup nyamuk, untuk itu sistem drainasi harus mampu mengeringkan lokasi dalam awaktu 10 hari.

Hujan (hari)	Volume hujan selama 10 hari (mm)	Peringatan perhari (mm/hari)
1	286	28,6
5	362	36,2
10	599	59,9
20	10/20.1053	52,7

Dengan cara perhitungan tersebut dapat ditentukan kepasitas sistem drainase = 59,9 mm/hari.

2. Jenis yang bertelut pada saaat tidak hujan.

Dengan cara perhitungan tersebut ditentukan kapasitas sisttem drainase = 35 mm/hari. Ternyata untuk nyamuk yang bertelur

Hujan (hari)	Jangka waktu (hari)	Volume hujan menurut waktu (mm/hari)	Peringatan perhari (mm/hari)
1	1 + 10	286	26
5	5 + 10	362	24
10	10 + 10	599	30
20	20 + 10	1053	35

pada waktu tidak hujan hanya memerlukan sistem drainase dengan kapasitas yang lebih kecil.

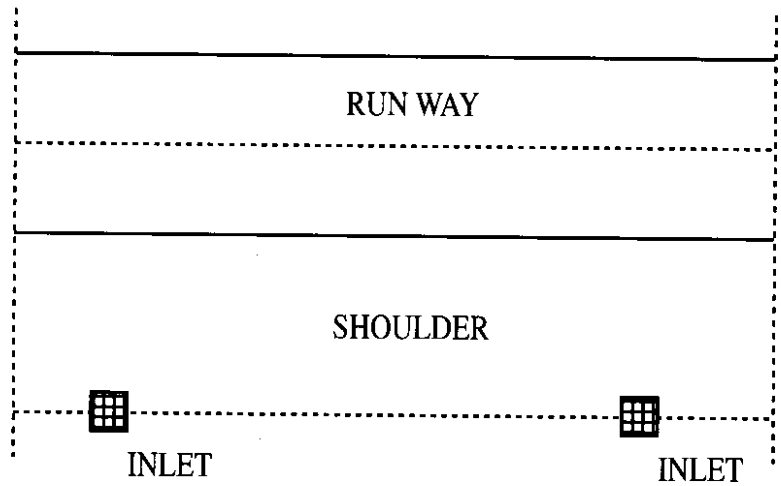
Soal : Drainase Lapangan Udara

Diketahui :

Runway dan Shoulder dan fasilitas inlet rencana seperti pada gambar dan besarnya debit banjir ditentukan $q_{t=T}$ = 3901/det/ha. β = 0,982

Pertanyaan :

Hitung dimensi salarun drainase runway



Jawab :

a. Menghitung luas area yang dikeringkan (didrain)
   $O = (25X100) + (100*100)\ m^2 = 12.500\ m^2 = 1,25$ Ha

b. Menghitung α

Runway	=	20 % x 0,95	=	19 %
Lapangan	=	80% x 0,30	=	24 %
		α	=	43 %

c. Menghitung Debit maksimum dan dimensi saluran

   $Qmak = O \times \alpha \times b \times qt = T$
   $= 1,25 \times 43\% \times 0,982 \times 390$ l/detik

   $Qmak = 205,852$ l/detik $= 0,206\ m^3$/detik

   asumsi kecepatan aliran (V)
   $= 0,5$ m/detik (menghindari erosi)

   $Qmak = V \times A$ $\quad A = Qmak/V$
   $= (0,206 / 0,5)\ m^2$
   $= 0,824\ m^2$

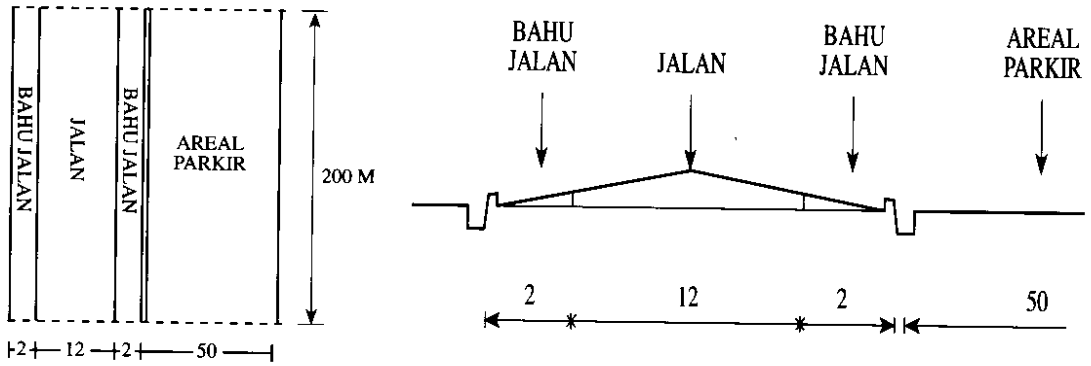
   Luas penampang saluran = 0,824 m^2, dimensi saluran

   $$D = \sqrt{\frac{4 \times (0,824)}{\pi}}\ m$$

   diperoleh Dimensi saluran = 1,02 meter

Soal Drainase Jalan

Jalan dengan potongan melintang seperti pada gambar di bawah ini. Panjang jalan 200 meter, Koefisien limpasan : C1 jalan = 0,7 C2 parkir = 0,9 C3 bahu jalan = 0,4 dan Intensitas hujan rencana 190 mm/jam.



Pertayaan :

a) Hitung besarnya debit limpasan jalan.
b) Hitung besarnya dimensi saluran, bila kemiringan saluran sama dengan kemiringan jalan yaitu = 0,003, salarun dengan konstruksi pasangan batu kali dengan nilai koenfisien kekasaran n = 0,02, bentuk saluran segi empat dengan tinggi saluran 1,2 kali lebar saluran (t = 1,2b).

Jawah :

a) Menghitung debit limpasan jalan

A1 luas area (jalan) = 12 x 200 = 2.400 m^2
A2 luas area (parkir) = 50 x200 = 10.000 m^2
A3 luas area (bahu jalan) = 4 x 200 = 800 m^2

Total luas = 13.200 m2

Crata-rata = (0,7 x 2.400 + 10.000 x 0,9 + 800 x 0,4)/13.200
Crata-rata = 0,83

Besarnya debit limpasan = 0,83 x 190/3600 x 10^3 x 13200
Besarnya debit limpasan = 0,578 m^3/detik

b) Menghitung dimensi saluran.

$$V = \frac{1}{n} (R^{\frac{2}{3}}) \times \sqrt{S}$$

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S}} = \frac{0{,}578}{\frac{1}{0.02} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0{,}003}}$$

$$= \frac{0{,}578}{50 \times 0.0547 \times R^{\frac{2}{3}}}$$

$$R = \frac{1{,}2B \times B}{2{,}4B + B} = 0.3529\ B$$ diperoleh B = 0,27 m dan H = 0,3[illegible] m

DAFTAR PUSTAKA

BAB I

01. ----------, 1990, Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

02. Darmanto, 1990, Drainase Perkotaan, Seminar Sehari Himpunan mahasiswa Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

03. Hardjoso P.. 1987, Drainase, Laboratorium P4S PT. UGM, Yogyakarta.

04. Sudjarwadi, 1990, Teknik Drainase, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.

BAB II

Suyono Sosrodarsono, Ir. , Kensaku Takeda,
" Hidrologi untuk Pengairan ", edisi IV tahun 1987, PT Pradya Paramita, Jakarta.

Joyce Martha W, Ir. , Wanny Adidarma, Ir. Dipl. H.
" Mengenal Dasar-dasar Hidrologi " Penerbit Nova

Imam Subarkah, Ir.
"Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air". 1980 Ide Dharma, Bandung.

Sudjarwadi, Dr. , Ir.
" Teknik Drinase:. PAU - UGM Yogyakarta.

Sri Harto Br,
"Analisis Hidrologi " , 1983, PT. Gramedia, Jakarta

CD. Soemarto, Ir. B.I.E. Dipl. H.
" Hidrologi Teknik". 1986 PPMTT - Malang.

BAB III

Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan (SK SNI T - 07 - 1990 - F, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta , 1990

Dewan Standarisasi Nasional - DSN (SNI 03 - 3424 - 1994), Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1994.

Ronald V, Giles, Mekanika Fluida & Hidrolika, Erlangga, Jakarta, 1993.
Ven Te Chow, Hidrolika Saluran Terbuka (terjemahan), Erlangga, Jakarta, 1992

BAB IV

01. Anonymous, 1986, MATERI TRAINING UNTUK TINGKAT STAF TEKNIS PROYEK PLP SEKTOR AIR LIMBAH, DITJEN CIPTA KARYA, DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM, Jakarta.

02. Anonymous, 1995, Diklat Kuliah Drainase Perkotaan, Universitas Tarumanegara, Jakarta.

03. Anonymous, 1969, DESIGN AND CONSTRUCTION OF SANITARY AND STORM SEWERS, Water Polution Control Federation Washington D.C., USA

04. Prodjopangarso, Hardjoso, Prof. Ir, 1987, "DRAINASI" Laboratorium P.4 Senat Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

05. Ray K Linsley, Joseph B Franzini, Djoko Sasongko, 1991 Teknik Sumber Daya Air Jilid II (terjemahan). Erlangga Jakarta

BAB V

Standar Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Perkotaan Departemen Pekerjaan Umum

Hidrologi Perkotaan
Joesron Loebis, Ir, MEng
Kepala Balai Penyelidikan Hidrologi

Open Chennel Hydraulic
Ven Te Chow, Ph.D
Profesor of Hydraulic Engineering
University of Illinois

Drainasi
Hardjoso Prodjo Pangarso, Prof.,Ir.
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada.